

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко  
(підпис)

“    ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

**на тему:** Модернізація парогенератора виробництва гліцерину.

**Виконав студент IV курсу, групи ЛН-51**

Бараш Руслан Васильович

**Керівник проекту** старший викладач, к.т.н. Двойнос Я. Г.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти:**

**з охорони праці**

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**з економіки**

асистент, канд. техн. наук, С. С. Гайдай

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ Р. В. Бараш

Київ – 2019

## РЕФЕРАТ

УДК 066.233

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему: "Модернизация парогенератора производства глицерина" / КПИ им. Игоря Сикорского. Руководитель Двойнос Я. - М., КПИ им. Игоря Сикорского 2019.- 150с. ил .. - Викон. Бараш Р.В. - Библиогр .: с. 95.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок с 19 наименований. Общий объем записки составляет 171 страниц основного текста, 19 рисунков, 7 таблиц.

Цель проекта - проектирование парогенератора производства глицерина. Спроектированный парогенератор позволит генерировать пару глицерина для кубовой части ректификационной колонны разделения смеси глицерин-вода.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа парогенератора, и его место в технологической схеме, техническую характеристику аппарата, сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, патентное исследование конструкции, приведены мероприятия по охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико-экономические показатели. Вследствие модернизации, появится возможность уменьшить габариты парогенератора. Определены также уровень стандартизации и унификации.

ПАРОГЕНЕРАТОР, ГЛИЦЕРИН, ТЕПЛООБМЕННИК, ВЫНОСНОЙ КИП'ЯТИЛЬНИК.

## ABSTRACT

UDC 066.233

The diploma project of an innovative-qualifying bachelor on the subject: “Modern steam generator virobnitstva glitserinu” / KPI im. Igor Sikorsky. Kerivnik Dynos Y.G. - K., KPI im. Igor Sikorsky 2019.-150s. Il .. - Vikon. Barash R.V. - Бібліогр .: с. 95

I will explain the note to stockpile, I will join, eight rozdiliv, visnovki i list posilan from 19 naimenuvan. Zagalnyi obyag notes become 171 sides of the main text, 19 figures, 7 table.

Meta project - design of steam generator virobnitstva glitserinu. Designing a steam generator to allow a generation of steam a pair of glass for the cubic part of the rectifier colony of the total sum of the glochine – water.

Note of the process of the process of Recommendations are made for installation and operation. Conducted a modern installation installation that was assigned to very technical and economic demonstration. Vnaslidok modernizatsii, z'yavitsya you can change the size of the steam generator. Vznacheni tako r\_ven standardizatsii and unifikatsii.

STEAMGENERATOR, GLICERIN, HEAT-PRESSING BAR, VINE-GRIPPED BULK.

## РЕФЕРАТ

УДК 066.233

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему: "Модернизация парогенератора производства глицерина" / КПИ им. Игоря Сикорского. Руководитель Двойнос Я. - М., КПИ им. Игоря Сикорского 2019.- 150с. ил .. - Викон. Бараш Р.В. - Библиогр .: с. 95.

Объяснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок с 19 наименований. Общий объем записки составляет 171 страниц основного текста, 19 рисунков, 7 таблиц.

Цель проекта - проектирование парогенератора производства глицерина. Спроектированный парогенератор позволит генерировать пару глицерина для кубовой части ректификационной колонны разделения смеси глицерин-вода

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа парогенератора, и его место в технологической схеме, техническую характеристику аппарата, сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, патентное исследование конструкции, приведены мероприятия по охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико-экономические показатели. Вследствие модернизации, появится возможность уменьшить габариты парогенератора. Определены также уровень стандартизации и унификации.

**ПАРОГЕНЕРАТОР, ГЛИЦЕРИН, ТЕПЛООБМЕННИК, ВЫНОСНОЙ  
КИПЯТИЛЬНИК**

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	18.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	01.11.18	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	16.11.18	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції парогенератора. Технічна характеристика парогенератору. Добір матеріалів.	12.12.18	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів парогенератору. Розрахунок гідравлічного опору між трубного простору парогенератору .	13.03.19	
6	Розробка складальних креслень парогенератору і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів.	20.03.19	
7	Розрахунки на міцність.	15.04.19	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	25.04.19	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації парогенератору.	13.05.19	
10	Розробка вимог до апарату з питань охорони праці.	15.05.19	

1	2	3	4
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	17.05.19	
12	Попередній захист проекту.	03.06.19	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	04.06.19	

Студент \_\_\_\_\_ Р. В. Бараш  
(підпис)

Керівник дипломного проекту \_\_\_\_\_ Я. Г. Двойнос  
(підпис)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

**на тему:** Модернізація парогенератора виробництва гліцерину

## Зміст

Перелік умовних скорочень.....	11
Вступ .....	12
1 Призначення область використання установки.....	14
1.1 Опис технологічного процесу .....	14
1.2 Вибір типу парогенератора та його місце в технологічній схемі.....	15
2 Технічна характеристика парогенератора .....	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції парогенератора .....	18
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей парогенератора .....	18
3.2 Вибір матеріалів .....	19
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами. ....	20
3.4 Патентне дослідження .....	25
4 Охорона праці.....	32
4.1 Повітря робочої зони .....	33
4.3 Освітлення .....	36
4.4Виробничий шум.....	38
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	40
5.1 Параметричний розрахунок .....	40
5.2 розрахунок коефіцієнта теплопередачі.....	42
5.3 Перевірочний розрахунок площі теплообміну під плівкою конденсату.....	45

					ЛН51.065134.001 ПЗ		
		№					
Разроб.	Бараш				Модернізація парогенератора виробництва гліцерину.	Лист	Листів
Перев.	Двойнос					9	
Н.Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського» ІХФ, каф. МАХНВ	
Затв.							



5.3 Конструктивний розрахунок.....	48
5.3.1 Розміщення труб в трубних решітках.....	48
5.3.2 Розрахунок штуцерів .....	49
5.3.3 Розрахунок теплоізоляції парогенератора.....	52
5.3.4 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску.....	53
5.3.5 Розрахунок еліптичної кришки під дією внутрішнього надлишкового тиску.....	55
5.3.6 Розрахунок трубної решітки .....	57
6 Рекомендації з виготовлення та експлуатації парогенератора .....	59
7 Рівень стандартизації та уніфікації .....	63
8. Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	65
Висновки.....	71
Перелік посилань .....	74
Додаток А Документація патентного дослідження.....	76
Додаток Б Патенти, які використовувались в патентному дослідженні .....	82
Додаток В Розрахунок еліптичного днища.....	83
Список наукових праць.....	93

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

$D, d$  – діаметри, м;

$F_i$  – розрахункові зусилля, МН;

$F_a$  – площа теплообмінника, м<sup>2</sup>;

$G$  – продуктивність, т/добу;

$H, h$  – висота, м;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$L$  – довжина труб, м;

$l_{\text{ап}}$  – розрахункова довжина апарату, м;

$M$  – вигинаючий момент, МН/м;

$m$  – маса, кг;

$N$  – потужність, Вт;

$P$  – тиск, МПа;

$Q$  – витрати теплоти у процесі роботи, кВт;

$S$  – Товщина стінки, м;

$t$  – температура, К;

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

$\rho_i$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega_i$  – швидкість, м/с;

Критерії:

$Pr$  – критерій Прандтля;

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Гліцерин – органічна речовина, характерний представник трьохатомних спиртів. Прозора в'язка рідина з солодкуватим смаком без запаху. Гліцерин має властивість розчинятись в будь яких співвідношеннях з водою, етанолом, метанолом та ацетоном. Унікальні фізичні та хімічні властивості такі як: гігроскопічність, висока в'язкість, низька температура замерзання розчинів. Гліцерин традиційно використовують як компонент у косметологічних засобах в продовж багатьох років з причини його безпечності та ефективності. Має широке застосування у харчовій та фармацевтичній промисловості.

На сьогоднішній день, виробництво біодизеля є основним джерелом гліцерину на світовий ринок - 80%, де він отримується в якості побічного продукту виробництва біодизелю.

Саме з цієї причини виробництво гліцерину синтетичним методом є дуже важливим, так як саме такий метод виробництва дозволяє отримувати гліцерин високої чистоти (99,5 – 99,9%) на відміну від методу отримання гліцерину шляхом виробництва біодизелю який дозволяє отримувати гліцерин з чистотою не більше ніж 98%. Найбільші вимоги щодо чистоти гліцерину висувають фармакологічна та харчова промисловості.

Метою даної дипломної роботи є розробка парогенератора виробництва гліцерину синтетичним методом.

Для корисної моделі в основу було покладено задачу вдосконалення інтенсифікації процесу теплообміну.

Для досягнення поставленої цілі потрібно вирішити ряд задач:

Здійснити патентний аналіз з метою вибору оптимального варіанту конструкції;

Виконати технологічні розрахунки керуючись якими обрати конструктивні розміри апарату;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконати гідравлічні розрахунки;

Надати рекомендації які стосуються виготовлення, монтажу та експлуатації;

Визначити рівень стандартизації та уніфікації.

Апарат розміщується у закритому приміщені тому розрахунок вітрових навантажень проводити не має потреби.

Завдання на проектування видано 1 вересня 2018 року.

Дані для проектування були отримані 15 квітня 2019 р.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 Призначення область використання установки

### 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема процесу виготовлення гліцерину синтетичним методом зображено на рисунку 1.1

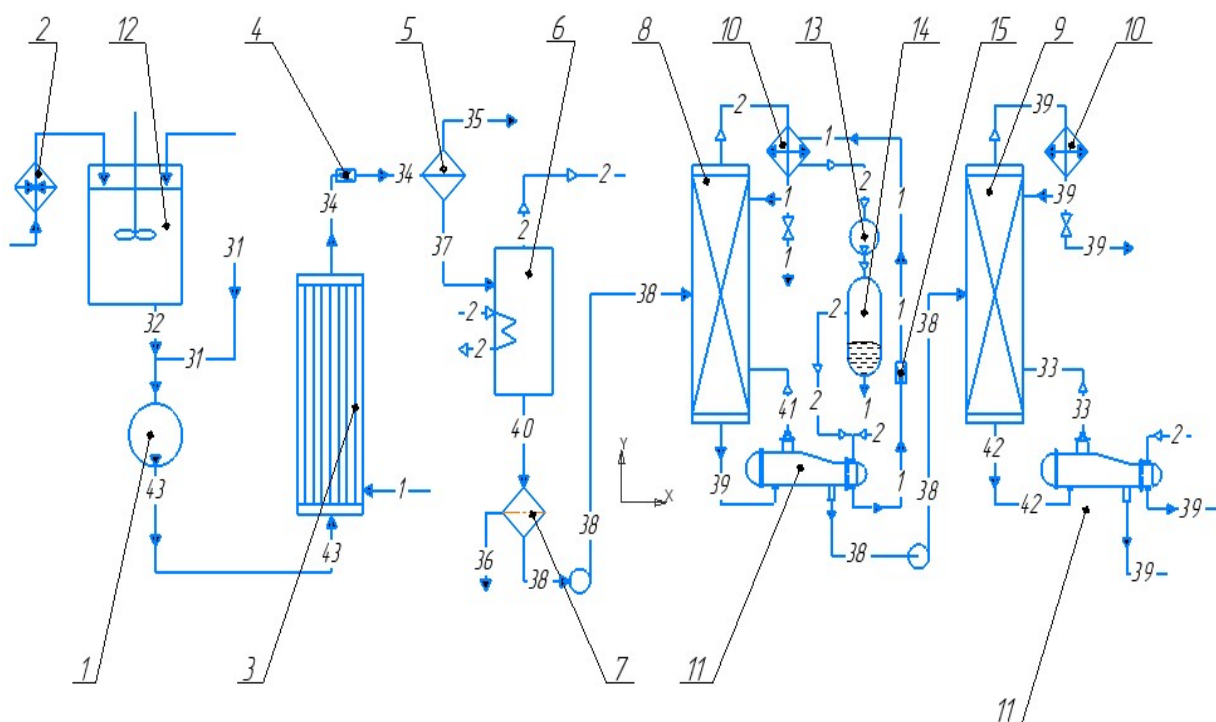


Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу виготовлення гліцерину.

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  та вода змішується у мішалці 12, суміш  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  з водою та епіхлоргідрин змішуються у насосі 1 у якому суміш стискається до 0,6 – 1,0МПа після чого ця суміш потрапляє у реактор 3. В реакторі синтезуються гліцерин та його прості ефіри.

Реакційну суміш дроселюють в клапані 4 до атмосферного тиску, а в сепараторі 5 відділяють газопарову фазу ( $\text{CO}_2$  та водяний пар) від рідкої(водний розчин гліцерину, його ефірів,  $\text{NaCl}$  та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , що не прореагував). Враховуючи різність летючості води та гліцерину основну частину води відділяють з суміші шляхом випаровування.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після сепаратору рідина надходить до випарного кубу 6 в якому відділяється основна маса води у вигляді водяної пари яку далі направляють на потреби виробництва. Після випарного куба 6 розчин направляють через фільтр 7 на якому з розчину відводять NaCl. Після фільтру 7 водяний розчин направляють у колону відгону води 8.

З колони 8 водяна пара проходить через холодильник 10 в якому вона конденсується та частково повертається в колону 8. Гліцерин з невеликою кількістю розчиненої в ньому води потрапляє у кип'ятильник 11 в якому ця суміш підігрівается насиченою водяною парою яку ми отримуємо відбиранням енергії з теплоносія в холодильнику 10 пропускаючи пару через паровий компресор 13 та сепаратор 14 після якого пара направляється в кип'ятильник 11 в якому після проходження процесу теплообміну водяна пара конденсується та направляється знову на холодильник 10.

Пари гліцерину що утворюються в кип'ятильнику 11 направляємо в колону відгону води 8 а концентрований розчин води та гліцерину направляємо на колону відгону важкої фракції 9. Пари гліцерину що утворюються у колоні 9 направляємо на холодильник 10 після якого частина гліцерину що сконденсувалась повертається в колону 9 а інша частина направляється на продаж. Важку фракцію що утворюється в колоні 9 направляють в кип'ятильник 11 який підігрівается насиченою водяною парою. Пари важкої фракції що утворюються в кип'ятильнику 11 направляють у колону 9, а отриманий гліцерин є готовим продуктом.

## 1.2 Вибір типу парогенератора та його місце в технологічній схемі

Парогенератор призначений для генерації парів гліцерину. В якості гріючого середовища застосовується водяна пара. Гліцерин, що нагрівається,

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходить у міжтрубний простір, а водяна пара поступає через патрубок в трубний простір, проходить по трубах і виходить через другий патрубок.

Для даного процесу нам потрібний теплообмінний апарат, який максимально відповідає вимогам, які поставлені технологічними умовами.

Враховуючи особливості протікання теплообміну між водяною парою та гліцерином, в якості теплообмінного апарату обрано парогенератор камерного типу з горизонтальним розміщенням трубного пучка. Апарати такої конструкції відрізняються зручністю обслуговування і високою експлуатаційною надійністю при роботі в умовах підвищеного тиску в міжтрубному просторі та великого температурного напору.

Область застосування: хімічна, нафтопереробна промисловість.

Приймаємо апарат даного типу, оскільки він має такі переваги:

- 1) велика площа теплообміну
- 2) можливість роботи при високих тисках;
- 3) малий гідравлічний опір;
- 4) менша металоємність;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технічна характеристика парогенератора

Тиск у трубному просторі, МПа	8,344;
тиск у міжтрубному просторі, МПа	0,101;
температура водяної пари, К	571,5;
початкова температура гліцерину, К	563;
кінцева температура гліцерину, К	571,5;
загальна поверхня теплообміну, м <sup>2</sup>	112;
загальна кількість труб, шт	488;
діаметр апарата, м	1,4;
зовнішній діаметр труб, м	0,025;
внутрішній діаметр труб, м	0,021;
довжина труб апарата, м	3;
товщина стінки апарата, м	0,008;
довжина апарата, м	5,423;
ширина апарата, м	1,417;
висота апарата, м	1,977;
маса апарата, кг	9450.

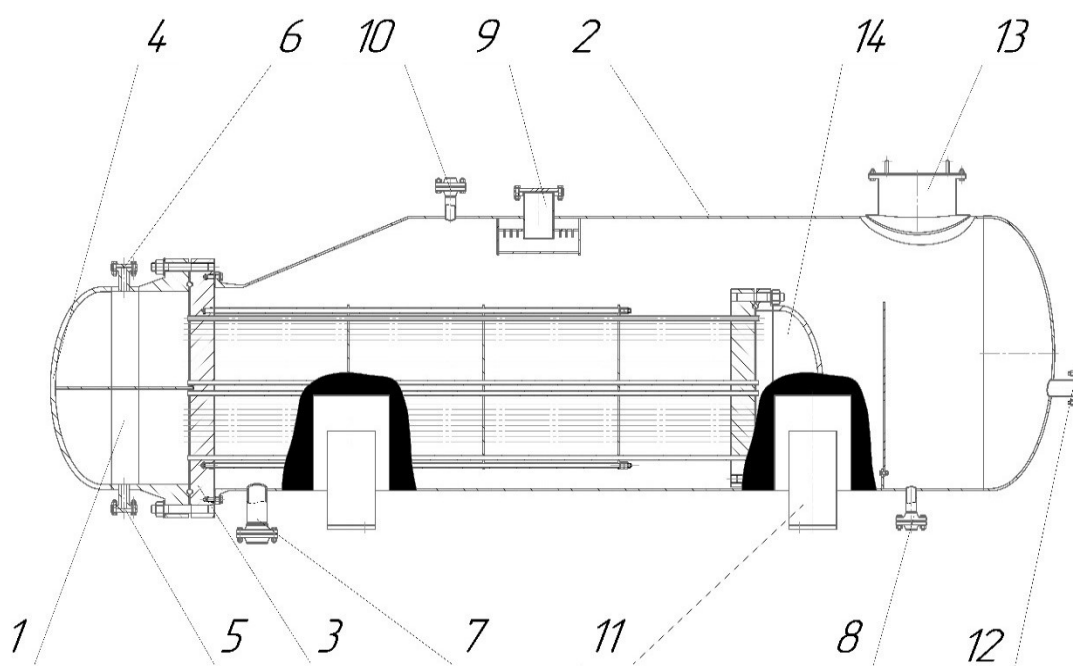
					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції парогенератора

#### 3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей парогенератора

У дипломному проєкті розробляється конструкція парогенератора, призначеного для випаровування кубового залишку ректифікаційної колони розділення суміші гліцерин - вода. (Рисунок 3.1).



1 – розподільча камера; 2 – корпус парогенератора; 3 – трубна решітка;  
4 – днище ; 5 – штуцер виводу водяної пари; 6 – штуцер подачі водяної  
пари ; 7– штуцер подачі рідкого гліцерину; 8– штуцер виводу залишку  
гліцерину; 9 – штуцер виводу парів гліцерину; 10 – штуцер дренажний;  
11 – опора; 12 – технічний штуцер ; 13 – люк; 14 – плаваюча головка;

Рисунок 3.1 – Схема парогенератора

Випаровування води забезпечується водяною парою, яка подається через штуцер 6 у трубний простір парогенератора з температурою 573,5 К і

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиском 8,344 МПа. Через штуцер 7 в між трубний простір подається гліцерин.

Обтікаючи трубний пучок гліцерин нагрівається і утворюється пара, яка відводиться через штуцер 9, а залишки гліцерину виходять через штуцер 8. Трубочатка виконана у вигляді пучка труб з плаваючою головкою 14 для компенсації температурних деформацій. Корпус виконано циліндричної форми з паровим простором.

Якщо розглянути трубочатку та плаваючу головку як консольне защемлення, то на труби діють вигинаючі моменти, що спричинені силою ваги плаваючої головки. Щоб уникнути прогин та злам труб треба встановити підтримуючі перегородки по всій довжині труб з кроком 700 мм, які зменшують вигинаючі моменти, які діють на труби.

### 3.2 Вибір матеріалів

Корпус парогенератора виготовлено зі сталі 12X18H10T згідно з [ГОСТ 5632 – 72]. Сталь марки 12X18H10T має відповідати технічним вимогам [ГОСТ 9940–81] та [ГОСТ 9941–81], працює в інтервалі температур від мінус -253 °С до 600 °С та тиску до 10 МПа.

Сталь 12X18H10T застосовується також при виготовленні обичайок, корпусів, днищ, фланців, люків, трубних решіток, патрубків та інших деталей, що працюють в даному інтервалі температур та тисків [1]. Днище еліптичне виготовлено зі сталі 12X18H10T згідно з [ГОСТ 5632 – 72]. Сталь марки 12X18H10T має відповідати технічним вимогам [ГОСТ 9940–81] та [ГОСТ 9941–81], працює в інтервалі температур від мінус- 253 °С до 600 °С та тиску до 10 МПа [1].

Теплообмінні труби виготовлені із сталі 08X18H10T згідно [ГОСТ 5632 – 72]. Сталь марки 08X18H10T має відповідати технічним вимогам [ГОСТ 9940–81] та [ГОСТ 9941–81]. Працює в інтервалі температур від мінус

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 30 °С до 550 °С та тиску до 10 МПа. Сталь 08Х18Н10Т застосовується також при виготовленні трубних пучків, змійовиків, патрубків, фланців, корпусів [1].

Розподільна камера парогенератора виготовлена зі сталі 12Х18Н10Т згідно з [ГОСТ 5632 – 72]. Сталь марки 12Х18Н10Т має відповідати технічним вимогам [ГОСТ 9940–81] та [ГОСТ 9941–81], працює в інтервалі температур від мінус -253 °С до 600 °С та тиску до 10 МПа [1]. Трубна решітка виготовлена зі сталі 12Х18Н10Т згідно з [ГОСТ 5632 – 72]. Сталь марки 12Х18Н10Т має відповідати технічним вимогам [ГОСТ 9940–81] та [ГОСТ 9941–81], працює в інтервалі температур від мінус – 253 °С до 600 °С та тиску до 10 МПа [ГОСТ 9940–81]. Підкладний лист виготовлено зі сталі 12Х18Н10Т згідно з [ГОСТ 5632 – 72].

### **3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.**

Мета: порівняння конструкцій вже існуючих парогенераторів з розроблюваним апаратом. Класифікація теплообмінників велика та залежить від принципу, який покладено в її основу.

В залежності від виду поверхні контакту фаз теплообмінники можна розділити на наступні групи:

- 1) рекуперативного типу;
- 2) змішування;
- 3) регенеративного типу.

Принцип дії теплообмінників рекуперативного типу полягає в контакті гріючого агента з насадкою, та насадки з середою, що підігрівається.

В теплообмінниках змішування контакт теплоносія з середою, що підігрівається відбувається в бульбашка газу, що барботується крізь рідину.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обрана модель – теплообмінник рекуперативного типу. Такий тип запобігає потраплянню теплоносія до цільового продукту – гліцерину, і має наступні переваги:

- 1) малий гідравлічний опір;
- 2) велика площа теплообміну;

Порівняння проведемо з трьома теплообмінними апаратами генерації пари (парогенераторами).

Теплообмінник кожухотрубний пароводяний ПП1-32-7-IV фірми ТЕПЛОТЕРМ (Україна), рисунок 3.2[2]



Рисунок 3.2 – Теплообмінник кожухотрубний пароводяний ПП1-32-7-IV фірми ТЕПЛОТЕРМ (Україна)

Теплообмінник – підігрівач є кожухотрубним теплообмінником горизонтального типу, основними вузлами якого є: корпус, трубний пучок, передня та задня (плаваючі) водяні камери, кришка корпусу.

Зборка основних вузлів підігрівача виконується за допомогою роз'ємного фланцевого з'єднання, яке уможливорює можливість профілактичного огляду та ремонту.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В підігрівачі вода, що нагрівається рухається по трубкам, а пар що віддає тепло через патрубок в верхній частині корпусу поступає в міжтрубний простір, в якому встановлені сегментні перегородки, які направляють рух парового потоку. Конденсат гріючої пари стікає в нижню частину корпусу і відводиться з підігрівача. Гази які накопились в підігрівачі в результаті конденсації відводяться через патрубок на корпусі апарату.

Теплообмінник кожухотрубний ПП2-17-7-II фірми EnergoDesign (Україна), рисунок 3.3[3]



Рисунок 3.3 – Теплообмінник кожухотрубний ПП2-17-7-II фірми EnergoDesign (Україна)

Паровий водопідігрівач є кожухотрубним теплообмінником горизонтального типу. Основними вузлами є: корпус, трубний пучок, передня та задня водяні камери. Корпус пароводяного підігрівача складається з циліндричної обичайки (труба) з привареним фланцем для з'єднання з передньою водяною камерою. В верхній частині пароводяного підігрівача розміщений патрубок входу гріючої пари, муфти для приєднання

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

манометра та повітряного клапана. В нижній частині теплообмінника патрубков виходу конденсату. Трубна система підігрівача складається з трубної решітки з завальцьованими в них U – подібними теплообмінними трубками (матеріал трубок латунь або н/ж сталь). Для захисту теплообмінних трубок від дії струй пари напроти патрубка подачі пари встановлений відбійний щит.

Кожухотрубний теплообмінник фірми FUNKE (Україна) рисунок 3.4 [4]



Рисунок 3.4 – Кожухотрубний теплообмінник фірми FUNKE (Україна)

Теплообмінник представляє собою резервуар що нагрівається, який знаходиться під тиском, в якому робочі середовища, знаходяться в розділено в трубному та міжтрубному середовищах так, що при наявності різниці в температурах між ними проходить теплообмін без взаємного змішування.

Одне робоче середовище проходить через міжтрубний простір, а інше через трубний простір. Течія в міжтрубному просторі контролюється

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

направляючими перегородками для створення оптимального потоку. Форма перегородок та відстань між ними підбираються індивідуально.

Корпус пароводяного підігрівача складається з циліндричної обичайки (труба) з привареним фланцем для з'єднання з передньою водяною камерою. В верхній частині пароводяного підігрівача розміщений патрубок входу гріючої пари,. В нижній частині теплообмінника патрубок виходу конденсату. Трубна система підігрівача складається з двох трубних решіток з закріпленими в них теплообмінними трубками методом завальцьовування.

Порівняльні дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики теплообмінних апаратів

Основні технологічні показники	Горизонт. Фірми Теплотерм	U – образний фірми Energo Design	З двома нерухомим и трубними решітками фірми FUNKE	Апарат, що проектується (з плаваючою головкою)
Робочий тиск, МПа	7 (3,5)	6 (3)	2,3 (1)	8,34 (5)
Висота апарата, м (бали)	3,2(2)	3,6(1)	0,5(5)	1,77(4)
Продуктивність G (бали)	0,5(3,5)	0,5(3,5)	0,1(3)	0,77(5)
Робоча температура, К	435(4)	450(3,5)	395(3)	571,5(5)
Вартість виготовлення, тис. грн..	50(3)	56(2)	11(5)	40(4)
Гідравлічний опір, Па	52000(3)	48000(4)	60000(2)	46000(5)
Сума балів	19	17	19	28

Висновок: обрано конструкцію теплообмінника з плаваючою головкою, тому що він простий у виготовленні, монтажі та експлуатації, має велику площу теплообміну.

### 3.4 Патентне дослідження

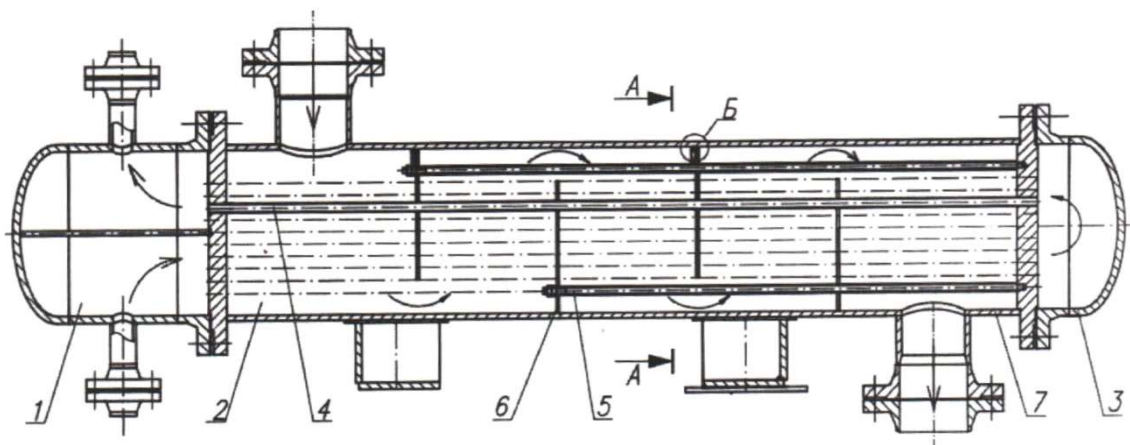
Патентний пошук виконується для порівняння розробленого апарату з аналогами та перевірки патентної чистоти запропонованої конструкції. Результати пошуку наведені в Додатку Б.

Конструкцій парогенераторів наявна велика кількість, вибір парогенератора виконують залежно від потреб процесу і речовин які приймають участь в теплообміні.

Основною задачею є вибір кожухотрубного парогенератора, в якому при мінімальних гідравлічних опорах та габаритах реалізовувалася найбільша площу теплообміну та найбільша теплова потужність. При цьому конструкція повинна бути патентно чистою, проста у виготовленні та експлуатації.

Парогенератор генерації парів гліцерину [5].

Схема даного кожухотрубного теплообмінника представлена на рисунку 3.5. Кожухотрубний теплообмінник з двома трубними решітками.



1 – розподільна камера; 2 – міжтрубний простір; 3 – днище; 4 – теплообмінна труба; 5 – кріплення перегородки; 6 – перегородка; 7 – корпус.

Рисунок 3.5 – кожухотрубний теплообмінник без парового простору

					ЛН51.065134.001 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



В корпусі 7 на трубних решітках встановлені теплообмінні труби 4, через які проходить робоче середовище яке поступає з розподільчої камери 1, яке проходить по трубах до парового простору який утворений еліптичним днищем 3, з якого направляється в труби наступного ходу. У міжтрубний простір подається теплоносії через штуцер який розташований в верхній частині корпусу 7. Теплоносії проходячи по міжтрубному простору змінює напрям свого руху завдяки встановленим перегородкам 6, виконавши корисну роботу теплоносії доходить до штуцера відводу відпрацьованого теплоносія який розташований в нижній частині апарату на корпусі 1.

Переваги апарата:

- 1) простота конструкції;
- 2) невеликі габаритні розміри;
- 3) низька металоємність;
- 4) відсутність виносу рідкої фази в паровий простір ;

Недоліки апарата:

1) відсутність температурних компенсаторів що унеможливорює роботу апарату з температурним перепадом теплоносія з робочим тілом більш ніж 50 К ;

2) великий гідравлічний опір який виникає через подачу робочого тіла по міжтрубному простору с нижньої частини апарату до верхньої частини;

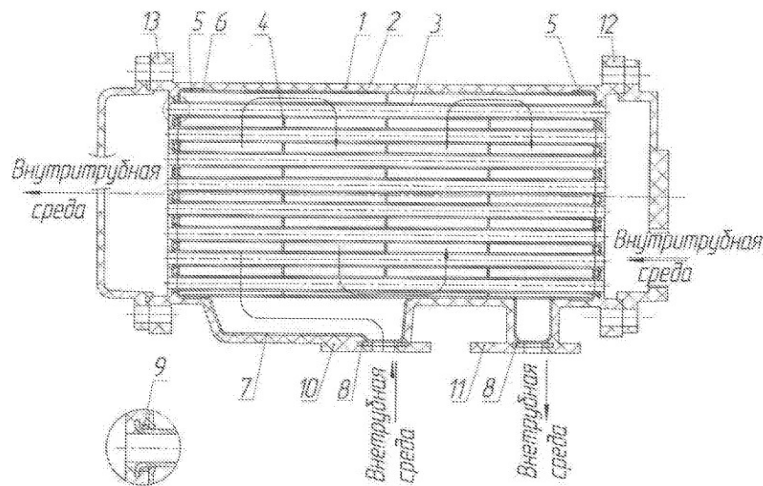
3) можливе захлинання апарату.

Кожухотрубний теплообмінник [6].

Схема даного апарата представлена на рисунку 3.6.

В теплообмінник в міжтрубний простір подається міжтрубне середовище через патрубок 10 який знаходиться в нижній частині теплообмінника.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – корпус; 2 – кожух; 3 – теплообмінні трубки; 4 – поперечні перегородки; 5 – трубні решітки; 6 – шов; 7 – перехідник; 8 – фланці; 9 – дистанційні втулки; 10 – патрубок підводу міжтрубного середовища; 11 – патрубок відводу міжтрубного середовища; 12 – колектор підводу трубного середовища; 13 – колектор відводу трубного середовища.

Рисунок 3.6 – Кожухотрубний теплообмінник

Проходячи через міжтрубний простір міжтрубне середовище змінює напрямок руху завдяки встановленим поперечним перегородкам 4. Проходячи через міжтрубний простір міжтрубне середовище віддає енергію трубному середовищу яке протікає по теплообмінним трубам 3, після чого відпрацьоване трубне середовище через патрубок відводу міжтрубного середовища 11 видаляється з апарату.

Переваги апарата:

- 1) компактні габаритні розміри;
- 2) низька металоємність;
- 3) простота управління.

Недоліки апарата:

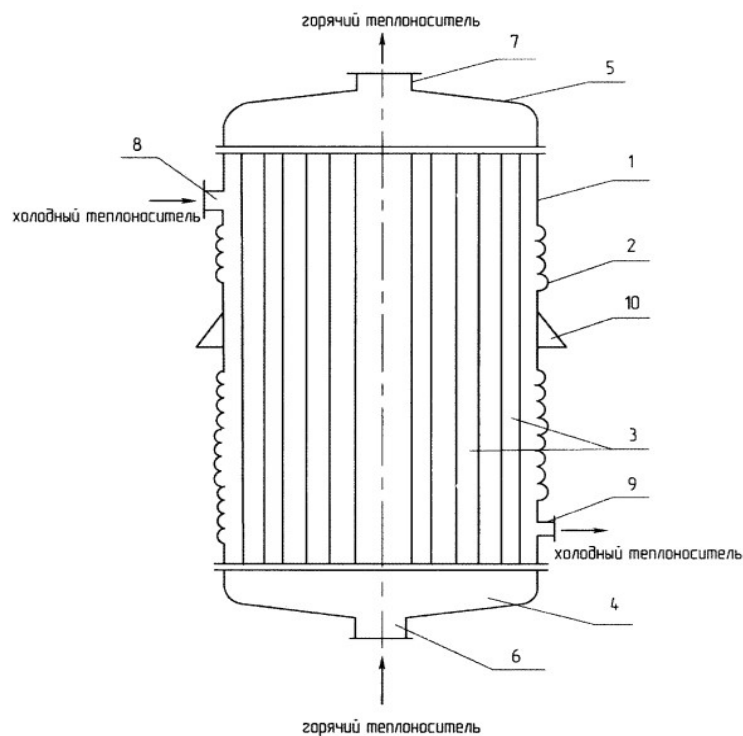
- 1) мала площа контакту;
- 2) мала продуктивність;
- 3) низька кількість стандартних деталей;
- 4) великий гідравлічний опір.

Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом[7].

Схема даного кожухотрубного теплообмінника з м'яким кожухом представлена на рисунку 3.7.

кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом 1, що містить декілька теплообмінних труб 3, на кінцях яких розташовані колектори та патрубки 7,6 для розподілення та збору теплоносія 4,5 які розташовані в корпусі на кінцях якого розташовані радіально встановлені штуцера підводу та відведення теплоносія 8,9.

Сам кожух виконаний із дюрітового шлангу. Дюрітовий шланг виготовлений гофрованим, а теплообмінні труби виготовлені із матеріалу який володіє ефектом пам'яті.



1 – кожух, 2 – гофра, 3 – теплообмінні труби, 4 –колектор підводу гарячого теплоносія, 5 – колектор відводу гарячого теплоносія, 6 – патрубок підводу гарячого теплоносія, 7 – патрубок відводу відпрацьованого теплоносія, 8 – штуцер подачі холодного теплоносія, 9 – штуцер відводу холодного теплоносія;10 – опора.

Рисунок 3.7 – Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги апарата:

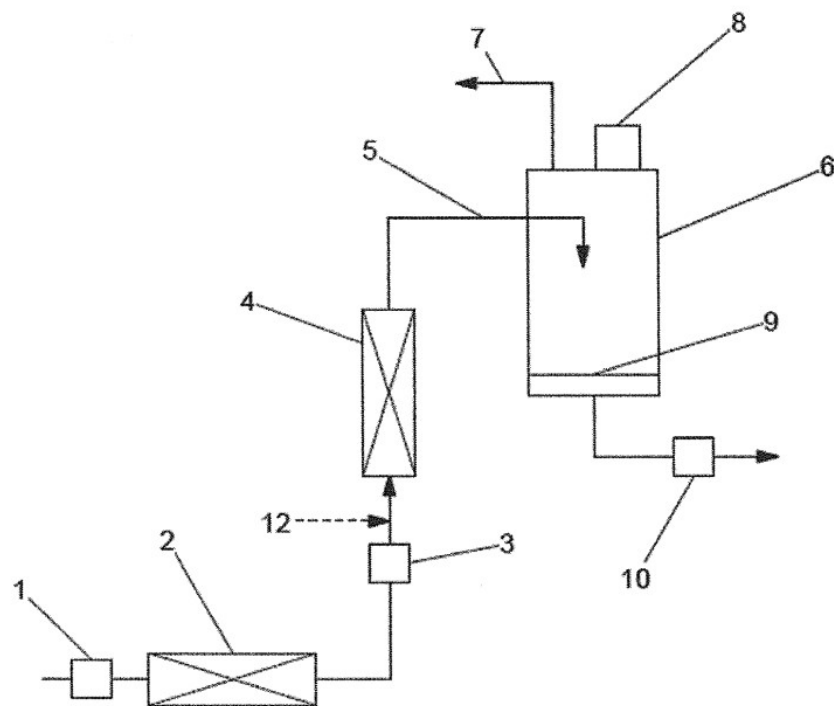
- 1) можливість роботи з великими температурними перепадами;
- 2) велика продуктивність;
- 3) простота регулювання.

Недоліки апарата:

- 1) потреба в додаткових опорах;
- 2) низька міцність теплообмінника;
- 3) неможливість роботи під високим тиском.

Установка миттєвого випаровування [9].

Схема конструкції представлена на рисунку 3.8



1 – насос, 2 – кожухотрубний парогенератор, 3 – редуктор тиску,  
4 – змішувальний теплообмінник, 5 – з'єднувальна лінія,  
6 – сепаратор, 7 – готовий продукт, 8 – датчик тиску, 9 – збірна  
ємність, 10 – насос відведення рідини, 12 – лінія подачі компонента Б.

Рисунок 3.8 – установка миттєвого випаровування

В кожухотрубний парогенератор 2 подається рідина, що нагнітається насосом 1, після кожухотрубного парогенератора, пара, що згенерувалась в апараті 2, проходить через редуктор тиску 3 до змішувального теплообмінника 4 де пари рідини змішуються з цільовим компонентом Б. Після чого по з'єднувальній лінії 5 насичена пара надходить до сепаратора 6, в якому залишки рідини відводяться насосом 10, а готовий продукт напрвляється по лінії 7.

Переваги апарата:

- 1) висока степінь пароутворення;
- 2) можливість внесення змін у технологічний процес;
- 3) висока якість цільового продукту.

Недоліки апарата:

- 1) складність технологічної схеми;
- 2) високі енергозатрати;
- 3) висока металоємність.

Установка з використанням парогенератора [9].

Схема конструкції представлена на рисунку 3.9.

Газ подається в апарат, де контактує з сорбентом 6 через лінію розділу фаз та зрошується з резервуару 4. Далі проходить шар насадки де контактує з краплинками, що винесли з поверхні рідини потоком газу. Насадка також виконує роль бризговловлювача.

Переваги апарата:

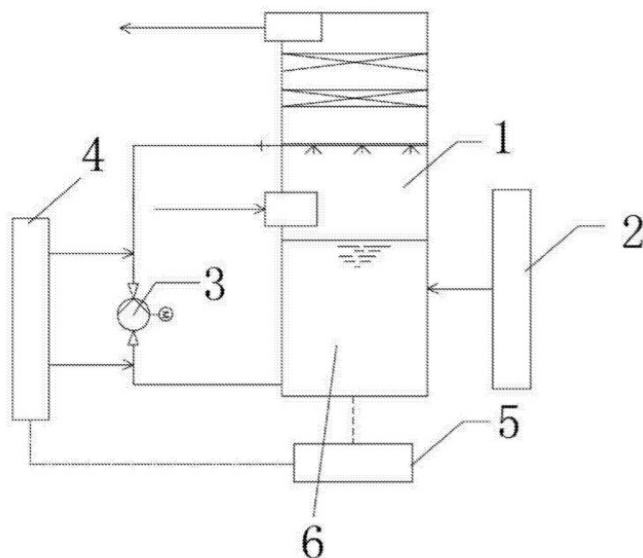
- 1) простота апарату;
- 2) велика продуктивність по газу;
- 3) простота керування.

Недоліки апарата:

- 1) мала площа контакту;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) необхідність в перемішуванні сорбенту 6;
- 3) забруднення трубопроводів солями кальцію.



1 – абсорбер; 2 – резервуар з абсорбентом, 3 –насос; 4– резервуар для зрошення, 5 – вивід сорбенту, 6 – сорбент.

Рисунок 3.9 – Десульфакційна установка

Документація до патентного дослідження наведена у додатку А.

Висновок: обрана конструкція парогенератора, яку найбільш доцільно використовувати у схемі генерації пари гліцерину. Дана конструкція забезпечить інтенсивний теплообмін при мінімальних витратах на гідравлічний опір, та така, яка забезпечить роботу при підвищеному тиску.

## 4 Охорона праці

Охорона праці і оточуючого середовища включає в себе питання безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці.

Тема дипломної роботи: Модернізація парогенератора виробництва гліцерину

Розрахунки та рекомендації вибрані з [10].

Парогенератор виробництва гліцерину встановлений у цеху, обслуговується оператором, який знаходиться у кабіні оператора поблизу.  $S=600 \text{ м}^2$ ;  $V=3600 \text{ м}^3$ .

Гліцерин вибухо- та пожежонебезпечна речовина. За нормами роботи з отруйними речовинами має бути встановлена витяжка.

Злив гліцерину в ґрунт та стічні води заборонено. Мета дипломної роботи інтенсифікація теплообміну в парогенераторі виробництва гліцерину.

Необхідно розробити безпечні і нешкідливі умови для обслуговуючого персоналу. Виконання правил техніки безпеки є основною умовою зниження виробничого травматизму. Усі працівники повинні бути ознайомлені з правилами і інструкціями з техніки безпеки і виробничої санітарії. Інструкції з техніки безпеки повинні знаходитися на робочих місцях, плакати, що ілюструють методи безпечного виконання робіт вивішуються на видних місцях.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- параметри повітря робочої зони ;
- шум від транспортерів і електродвигунів;
- вплив деталей машин, що обертаються та рухаються (конвеєрів,

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей електродвигунів);

- враження електричним струмом (електромережа живлення установки);
- промислове освітлення;

#### 4.1 Повітря робочої зони

Робота операторів на пересувній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, робота проводиться в 2 зміни. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 293 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні. Класифікація важкості робіт наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Класифікація важкості робіт

Сезон року	Категорія робіт – 1б		
	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	19-20	40-65	0,2
Теплий	20-25	40-70	0,2

Параметри повітря робочої зони відповідають ДСН 3.3.6.042-99. Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70-90 °С, а в теплий час року вентиляцією.

Виділення продуктів випару трансформаторної олії і пилу солей з установки неможливо через те, що пильник герметичний.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Індивідуальні засоби захисту використовуються: Респіратор Клен ГП КД.

#### 4.2 Електробезпека

Для живлення елементів установки використовується трифазна напруга 220/380 В з ізольованою нейтраллю частотою 50 Гц.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути такими:

- помилкове включення установки;
- пробій на корпус;
- випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть опинитися під напругою у
- випадку короткого замикання.

З метою запобігання травм рекомендується прийняти такі міри безпеки:

- рубильники включення установки повинні знаходитися у спеціальній шафі;
- передбачити спеціальне захисне відключення електродвигунів у випадку враження людини струмом;
- проводку проводити в захисних металевих рукавах;
- на панель керування вивести сигнальні лампи індикації увімкнення електроустаткування;
- вузли установки, що можуть бути під напругою, повинні мати затискачі для підключення заземлення;

Заземлення установки виконати відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Біля затискачів заземлення нанести незмивні червоні знаки "Земля" за ГОСТ 21.1.030-75.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, повинна мати ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром 11044 ТУ 25-04-798-18.

Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ 25-04-1970-80. Ступінь захисту електричної апаратури в середині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80.

При застосуванні ручного переносного електроустаткування застосовувати живлячу напругу 42 В від окремого трансформатора. Лінія живлення устаткування має захисні теплові вимикачі.

Інструмент має мати ізольовані ручки та корпус.

При роботі використовувати гумові рукавиці, боти, індикатори напруги, що розташовуються поблизу щита. Через те, що установка знаходиться в умовах, прирівняних до особливо небезпечних, її обов'язково потрібно заземлити.

Розрахункові геометричні розміри заземлення зі сталевих стрижнів приймаємо діаметром  $d=0.014$  м, рисунок 4.1.

Опір одного сталевого електрода більше допустимого, тому включаємо паралельно декілька вертикальних електродів. Їхня кількість визначається за формулою:

$$n_e = 4,4$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

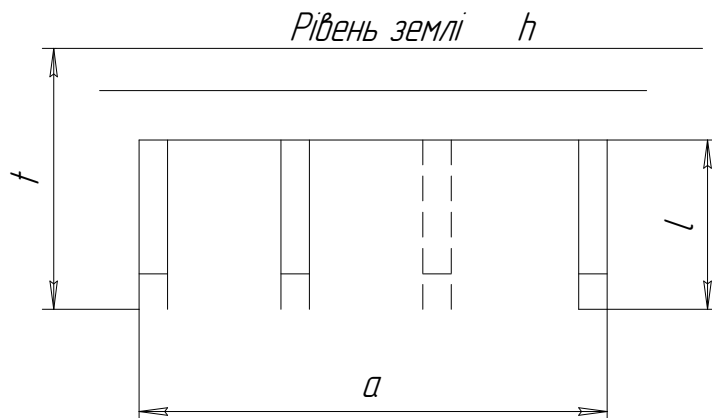


Рисунок 4.1. Схема заземлення

Приймаємо  $n_e = 5$ .

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевією полозою перетином 4 x 40 мм.

Довжина полоси, м:

$$l_n = 6,$$

де  $a = 1,5$  м - відстань між електродами (рисунок 4.1).

Опір розтіканню струму сполучної полоси, Ом:

$$R_n = 1,65$$

Еквівалентний опір заземлення, Ом:

$$R = 1,05$$

Через те, що еквівалентний опір заземлення  $R$  менше допустимого значення 4 Ом, умова виконується згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

### 4.3 Освітлення

Правильно спроектоване та виконане освітлення на підприємствах машинобудівної промисловості забезпечує можливість нормальної

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничої діяльності. Зберігання зору, стану нервової системи людини та безпека на виробництві у значній мірі залежить від умов освітлення.

Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природнього освітлення приміщень, тому що останнє збільшує захисні функції організму, стимулює й нормалізує роботу різних його систем.

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бокове освітлення, через світлові пройоми в зовнішніх стінах.

Робота з обслуговування обладнання відноситься до загального спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони  $E_{\text{нор}}=150$  лк.

Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне.

Розрахунок освітлення будемо виконувати для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, потужністю 40 Вт, світловим потоком  $F = 2100$  лм и освітленістю  $E_{\text{ф}} = 100$  лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках любого типу буде розраховано за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Виконуємо проектний розрахунок освітлення.

Світловий потік лампи розжарювання, лм:

$$F = 8232,9.$$

Визначивши світловий потік однієї лампи, вибираємо лампу ДРИ потужністю 125 Вт, світловим потоком  $F=8300$  лм (з відхиленням від розрахункового світлового потоку на 8%, що допускається при напрузі 220 В).

Тоді фактична освітленість буде  $E_{\text{ф}}=200$  лк, що і відповідає ДБНВ 2.5.28-2006. Лампи накаливання вибираємо з тієї причини, що у виробництві

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є деталі обертання. Може спостерігатись стробоскопічний ефект при освітленні світильниками.

#### 4.4 Виробничий шум

Джерелами шуму на установці є:

- транспортери;
- електродвигуни;
- конвеєри подачі матеріалу;
- деталі електродвигунів;
- виробничий шум.

Рівень звукового тиску (дБ) в октавних смугах частот, рівні звука і еквівалентні рівні звуку (дБА) для постійних робочих місць при працюючій установці не перевищують допустимих величин, установлених за ДСН 3.3.6.037-99 (80 дБА) і дорівнюють 70 дБА.

Рівні звукового тиску знижуються за допомогою встановлених на установці захисних кожухів і екрану, що знижує звуковий тиск на персонал.

#### 4.5 Пожежна безпека

Стійкість будинку за СНІП 2.01.02-85 відповідає степені вогнестійкості ІІ.Згідно ПУЕ клас зони установки П2А.

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільше ймовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загоряння ізоляції електропроводки;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання вогню в неналежному місці.

Запобігання загоряння забезпечується такими мірами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки (вогнегасники, пісок, ковдри).

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекисневі вогнегасники ОУ-5 (3 шт.) згідно ГОСТ 8050-85. Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (3 шт.) згідно ГОСТ 30612-99.

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів один від одного повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу повинна бути не більше 40 метрів.

Кількість виходів - не менше двох. Ширина прорізу двері евакуиходу - 2 метри. Двері евакуиходу повинні відкриватись назовні.

Захист навколишнього середовища забезпечується наявністю витяжного устаткування. Продукти надходять на підприємство в герметичних контейнерах.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1 Параметричний розрахунок

Метою розрахунку є визначення теплового навантаження парогенератора, розрахунок поверхні теплообміну, вибір типового парогенератора.

Вихідні дані:

Водяна пара:

Тиск  $P$ , МПа 8,34;

Температура водяної пари на вході  $t_{в.п.}$ , К 571,5;

Витрати водяної пари  $G_{в.п.}$ , кг/с 0,38;

гліцерин:

Тиск  $P$ , МПа 0,101;

температура гліцерину на вході  $t_{г.п.}$ , К 563,5;

Витрати гліцерину  $G_{г.п.}$ , кг/с 0,77;

геометричні параметри труб:

діаметр труби  $d$ , м 0,025;

товщина стінки труби, м 0,002;

Схема апарата зображена на рисунку 5.1

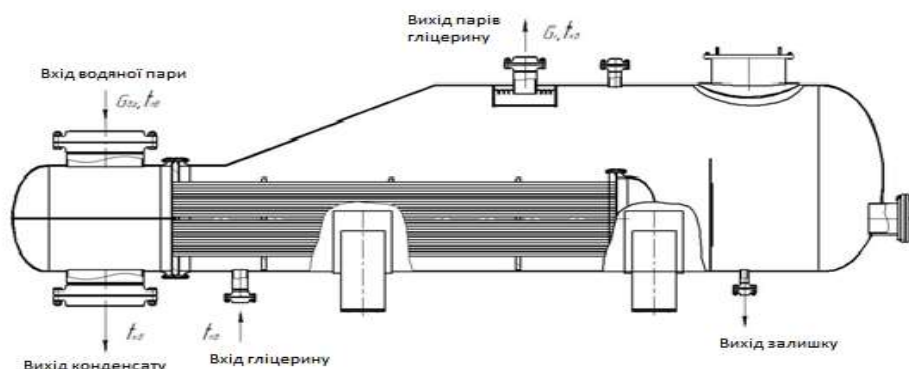


Рисунок 5.1 – Схема парогенератора

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [8].

Теплове навантаження парогенератора:

Розглянемо процес фазового переходу гліцерину з рідкого до газоподібного стану. Процес відбувається при температурі від  $t = 571,5$  К до температури  $t = 563,5$  К.

Визначимо кількість теплоти необхідної для переходу гліцерину з рідкого в газоподібний стан, Вт:

$$Q = G_{\text{гл}} \cdot r_{\text{гл}} \cdot 1,05 = 0,77 \cdot 732,7 \cdot 10^3 \cdot 1,05 = 5,924 \cdot 10^5 ,$$

де  $G_{\text{гл}}$  – витрати водяної пари,  $G_{\text{гл}} = 0,77$  кг/с;

$r_{\text{гл}}$  – теплота пароутворення гліцерину,  $r_{\text{гл}} = 732,7$  кДж/кг з [9].

Витрати водяної пари визначимо з наступної рівності, кг/с:

$$G_{\text{в.п.}} \cdot r_{\text{в.п.}} \cdot 1,05 = G_{\text{гл}} \cdot r_{\text{гл}}$$
$$G_{\text{в.п.}} = \frac{G_{\text{гл}} \cdot r_{\text{гл.}}}{r_{\text{в.п.}} \cdot 1,05} = \frac{0,77 \cdot 732,7 \cdot 10^3}{1414,9 \cdot 10^3 \cdot 1,05} = 0,38 ,$$

де  $G_{\text{в.п.}}$  – витрата водяної пари;

$r_{\text{в.п.}}$  – теплота пароутворення,  $r_{\text{в.п.}} = 1414,9$  кДж/кг з [10].

Коефіцієнт теплопередачі орієнтовно приймається в межах  $K=300 - 750$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К)[8]:

$$K = 700 ,$$

Площа поверхні теплопередачі випарного апарата, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t \cdot \tau} = \frac{5,924 \cdot 10^5}{630 \cdot 8,5 \cdot 1} = 107,222 ,$$

$\tau$  – для неперервних процесів  $\tau = 1$

Обираємо парогенератор типу ИП площею  $F=112$ м<sup>2</sup>, кількістю труб  $n = 488$ шт., довжиною труб  $L = 3$ м., зовнішній діаметр теплообмінних труб  $d_{\text{зовн.}}=0,025$ м., кількість ходів  $n = 2$ .

Щільність стікання плівки конденсату, кг/м<sup>2</sup>·с:

$$A = \frac{G_{\text{в.п.}}}{n \cdot \pi \cdot d_{\text{вн.}}} = \frac{0,38}{488 \cdot 3,14159 \cdot 0,021} = 0,012 ,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рейнольдс плівки конденсату:

$$Re_{пл.} = \frac{4 \cdot A}{\mu_{в.}} = \frac{4 \cdot 0,012}{91,28 \cdot 10^{-6}} = 525,855 ,$$

Критерій Нюсельта плівки конденсату:

$$Nu_{пл.} = \frac{Re_{пл.}}{\frac{6,25 \cdot (Re_{пл.} - 400)}{Pr^{0,33}} + 1580} = \frac{525,855}{\frac{6,25 \cdot (525,855 - 400)}{1,14^{0,33}} + 1580} = 0,225 ,$$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони конденсату, Вт/м<sup>2</sup>·К:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{пл.} \cdot \lambda}{\delta_{пл.}} = \frac{0,225 \cdot 0,549}{1,33 \cdot 10^{-5}} = 9287,494 .$$

## 5.2 розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Тепловий потік направлений від конденсату до внутрішньої стінки труби дорівнює тепловому потоку від внутрішньої стінки труби до зовнішньої стінки труби, який дорівнює тепловому потоку від зовнішньої стінки труби до гліцерину який залежить від коефіцієнта теплопередачі.

Розрахунок ведеться за методикою[8], розрахункова схема зображена на рисунку 5.2:

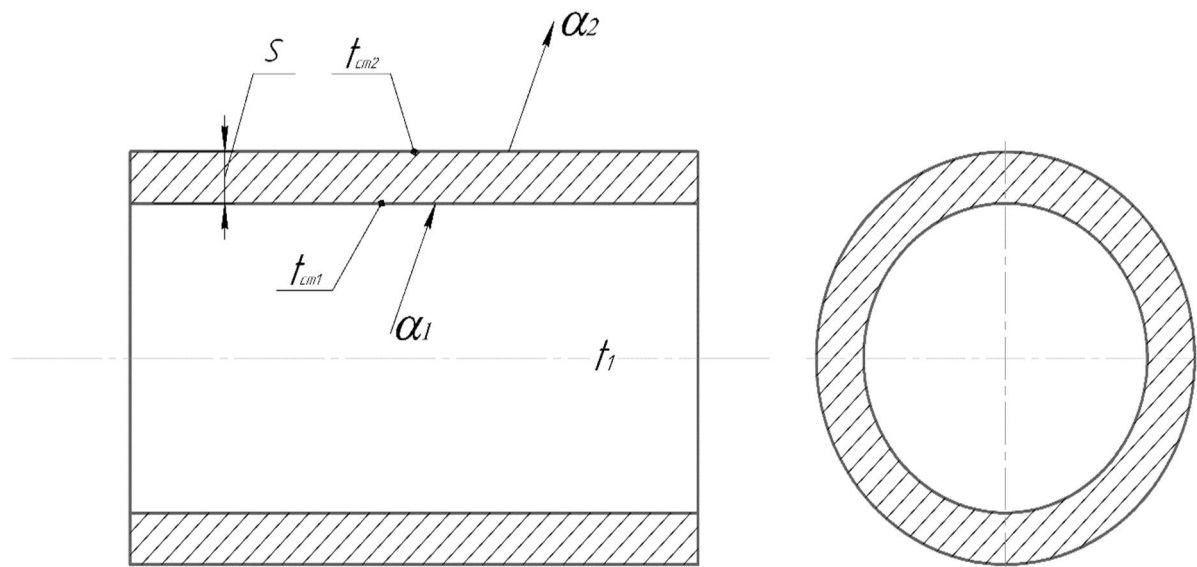


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема для визначення коефіцієнта теплопередачі.

Вихідні данні:

Зовнішній діаметр теплообмінних труб, м 0,025;

Товщина стінки труби, м 0,002;

Температура в трубному середовищі, °C 571,5;

Температура в міжтрубному середовищі, °C 563,5;

Теплопровідність матеріалу стінки труби, Вт/(м<sup>2</sup>·К) 24;

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони водяної пари, Вт/(м<sup>2</sup>·К) 9287,494.

Теплопровідність забрудненої стінки труби зі сторони конденсату  
водяної пари, (К·м<sup>2</sup>)/Вт[9]:

$$R_{st1} = \frac{1}{2900} ,$$

Теплопровідність забрудненої стінки труби зі сторони конденсату  
водяної пари, (К·м<sup>2</sup>)/Вт[9]:

$$R_{st2} = \frac{1}{2400} ,$$

Тепловий опір забруднення зі сторони конденсату водяної пари ,  
приведений до погонного метра труби, (К·м<sub>п.</sub>)/Вт:

$$rst1 = 2900 \cdot \pi \cdot d = 227.756 ,$$

Тепловий опір забруднення зі сторони гліцерину, приведений до  
погонного метра труби, (К·м<sub>п.</sub>)/Вт:

$$rst2 = 2400 \cdot \pi \cdot d = 188.496 ,$$

Тепловий потік від водяної пари до внутрішньої стінки труби :

$$q1(tst1) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 + \frac{1}{rst1}}} \cdot (t1 - tst1),$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура стінки труби зі сторони гліцерину:

$$t_{st2}(t_{st1}) = t_{st1} - \frac{q_1(t_{st1}) \cdot s}{\lambda_{st}},$$

Тепловий потік від внутрішньої стінки труби до зовнішньої стінки труби:

$$q_2(t_{st1}) = \frac{1}{\frac{1}{0,917 \cdot q_1(t_{st1})^{\frac{2}{3}} + \frac{1}{r_{st2}}}} \cdot \left( t_{st1} - \frac{q_1(t_{st1})}{\lambda_{st}} - t_2 \right),$$

Розрахунок виконано у програмі розрахунку, додаток Г, результати розрахунку наведено у графіку, рисунок 5.3:

Залежність температури стінки від теплового потоку зображено на графіку, рисунок 5.3:

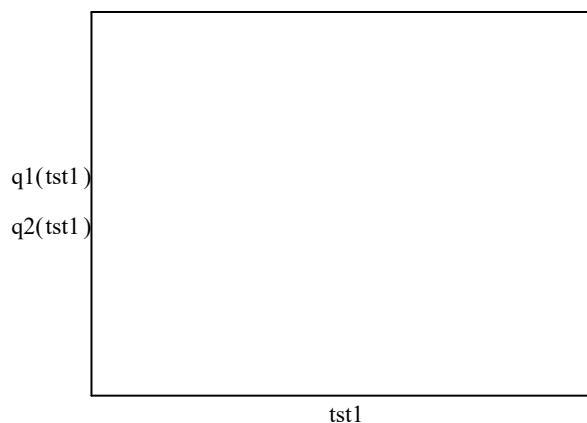


Рисунок 5.3 – графік залежності температури стінки труби від теплового потоку.

За результатами графіку тепловий потік від зовнішньої стінки труби до гліцерину з урахуванням забруднень з обох сторін стінки труби, Вт:

$$q_3 = 395 ,$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²\*К):

$$K = \frac{q_3}{(t_1 - t_2)} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d} = \frac{395}{571,5 - 563,5} \cdot \frac{1}{3.14159 \cdot 0.025} = 657,029 ,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, м<sup>2</sup>:

$$F_1 = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{5,924 \cdot 10^5}{657,029 \cdot 8,5} = 106,1,075$$

Перевіряємо отримане значення площі теплообміну з площею обраного теплообмінника:

$$\Delta F = \frac{|F_3 - F|}{F} = \frac{|106,075 - 112|}{112} \cdot 100\% = 5,357\%,$$

Висновок: В ході розрахунку в якості парогенератора було обрано кожухотрубний парогенератор з плаваючою головкою з кількістю труб  $n = 488$  шт., довжина труб  $L = 3$  м., питома поверхня теплообміну  $F = 112$  м<sup>2</sup>, зовнішній діаметр теплообмінних труб  $d_{\text{зовн.}} = 0,025$  м., внутрішній діаметр теплообмінних труб  $d_{\text{вн.}} = 0,021$  м., кількість ходів  $n = 2$ .

### 5.3 Перевірочний розрахунок площі теплообміну під плівкою конденсату

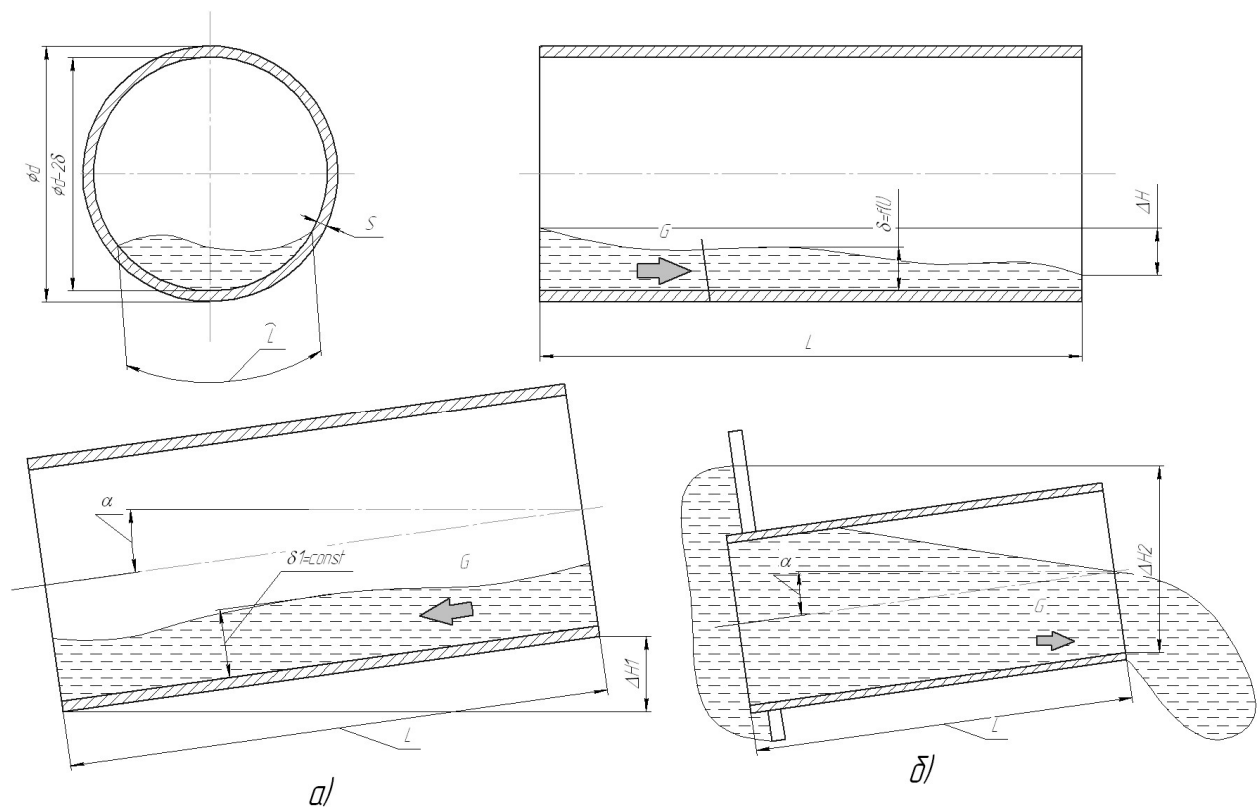
Всередині теплообмінних труб утворюється конденсат, який стікає плівкою та створює термічний опір. Мета розрахунку – визначити долю внутрішньої поверхні труб, закритою плівкою конденсату.

Розрахунок виконано за методикою [12], розрахункову схему наведено на рисунку 5.3.

Вхідні дані:

Витрата пари, $G_p$ , кг/с	0,77;
Густина конденсату води, $\rho_p$ , кг/м <sup>3</sup>	980,97;
Коефіцієнт шорсткості каналу [11, стор. 260], $n$ ,	0,014;
Шорсткість внутрішньої поверхні труб, $R_z$ , мкм	20.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а – рух плівки конденсату у плаваючу головку (480 труби); б – рух конденсату з плаваючої головки (8 труб).

Рисунок 5.3 – Розрахункова схема для визначення долі внутрішньої поверхні труб, закритої плівкою конденсату

Константа для шорсткості  $n$  та неповного заповнення круглої труби  $y=0,16$ .

Питома витрата конденсату, що утворюється на внутрішній поверхні труб,  $\text{м}^3/\text{с}$ :

$$Q_k = \frac{G_n}{\rho_k} \quad (5.11)$$

З формули Шезі [27, стор. 260] гідравлічний уклон складає:

$$\text{tg}(\alpha) = i = \frac{Q_n^2 n^2}{\omega^2 R^{2y+1}}, \quad (5.12)$$

де  $R$  – гідравлічний радіус живого перерізу потоку, м:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (5.13)$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\omega$  – площа живого перерізу потоку конденсату, м<sup>2</sup>:

$$\omega = \frac{d-2S}{2} \left[ \arccos \left( \frac{\frac{d-2S}{2} - h}{\frac{d-2S}{2}} \right) - \frac{d-2S}{2} \sin \left( \arccos \left( \frac{\frac{d-2S}{2} - h}{\frac{d-2S}{2}} \right) \right) + \dots \right. \\ \left. + h \sin \left( \arccos \left( \frac{\frac{d-2S}{2} - h}{\frac{d-2S}{2}} \right) \right) \right], \quad (5.14)$$

де  $\chi$  – змочений периметр каналу, м:

$$\chi = \arccos \left( \frac{R-h}{R} \right) \frac{\pi(d-2S)}{180} \quad (5.15)$$

Розрахунок виконано у програмі розрахунку, додаток Д, результати наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Дані розрахунку уклону, шаг труб по висоті 0,0277 м

Товщина плівки конденсату, м	Уклон, град.	Перепад висоти у трубах, м	Доля площі труби під плівкою конденсату, %	Перепад рівня на довжині труби для відводу конденсату, м	Обрано варіант
0,01	0,129	$9,166 \cdot 10^{-4}$	1,4	0,028	-
0,00003	0,043	$1,588 \cdot 10^{-3}$	2,4	0,024	+
0,00005	0,026	$2,05 \cdot 10^{-3}$	3,1	0,023	-
0,00007	0,019	$2,426 \cdot 10^{-3}$	3,7	0,022	-

Висновок: за результатами розрахунку обрано варіант з перепадом висоти у трубах 1,6 мм, що достатньо для зменшення закритої плівкою конденсату поверхні теплообміну до 2,4%, та відводу конденсату з плаваючої головки через 8 труб нижнього ряду.

## 5.3 Конструктивний розрахунок

### 5.3.1 Розміщення труб в трубних решітках

Метою розрахунку є ціль розрахувати діаметр трубної решітки та корпусу апарата за відомою кількістю трубок і кроком між ними.

При розміщенні труб в трубних решітках необхідно забезпечити максимальну компактність, зручність розміщення трубних решіток та надійність закріплення трубок. Для забезпечення цих вимог використовуємо схему розміщення трубок у вершинах правильних трикутників – шаховий пучок (рисунк.5.4).

Вихідні дані:

Загальна кількість трубок, $n$	488;
Кількість труб на діагоналі, $b$	23;
Продуктивність в трубному просторі, $G_{в.п.}$ , кг/с	0,38;
Продуктивність в між трубному просторі, $G_{г.л.}$ , кг/с	0,77.

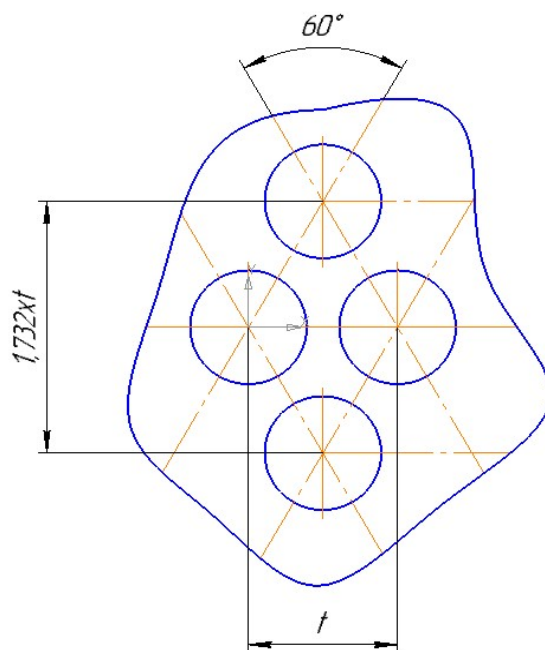


Рисунок 5.4 – Розміщення труб

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика розрахунку наведена в [13].

Для розміщення на вершинах правильних трикутників, яке широко застосовують в промисловості як найбільш компактну схему, зв'язок між загальною кількістю трубок  $n$ , кількістю труб на діагоналі і кількістю трубок на стороні найбільшого трикутника виражається співвідношенням:

$$n = 3 \cdot a \cdot (a - 1) + 1 ,$$

$$3a^2 - 3a - 488 = 0 ,$$

Розв'яжемо рівняння і отримаємо:

$$a = 12$$

Визначаємо дійсну кількість трубок, шт. :

$$n' = 3 \cdot a \cdot (a - 1) + 1 = 3 \cdot 12 \cdot (12 - 1) + 1 = 397 ,$$

Кількість трубок з урахуванням відсутності центрального ряду, шт.:

$$n'' = n' - 36 = 397 - 36 = 361 ,$$

Кількість отворів на діагоналі зовнішнього шестикутника, шт.:

$$b = 2a - 1 = 23 ,$$

Кількість отворів яку потрібно додати на кожну зі сторін зовнішнього шестикутника, шт.:

$$a_1 = \frac{n - n''}{6} = \frac{488 - 361}{6} = 22 ,$$

Міжтрубний крок, м.:

$$t = 1,3 \cdot d_{\text{зовн.}} = 1,3 \cdot 0,025 = 0,032 .$$

Висновки: при розрахунку кількості труб в трубних решітках на кожну зі сторін зовнішнього шестикутника буде додано 22 отвори. Отвори центрального ряду будуть закриті заглушками.

### 5.3.2 Розрахунок штуцерів

Метою розрахунку є визначення основних параметрів і вибір стандартних штуцерів. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.5.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



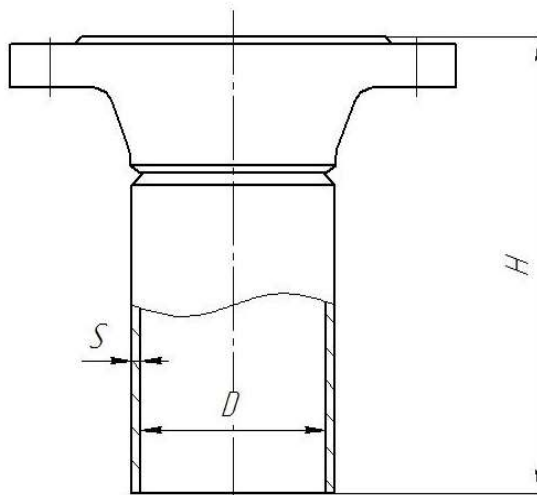


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема штуцера

Вихідні дані:

Довжина труб  $L$ , м 3;

Тиск в трубному просторі  $P$ , МПа 8,344;

Тиск в міжтрубному просторі  $P$ , МПа 0,101;

Масова витрата пари  $G_{\text{в.п.}}$ , кг/с 0,38;

Масова витрата гліцерину  $G_{\text{гл.}}$ , кг/с 0,77;

Методика розрахунку згідно[14].

Розрахунок передбачає вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі розраховується.

Розрахунок діаметра штуцера для входу та виходу водяної пари, мм.:

$$d_{\text{шт.в.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{в.п.}}}{\rho_{\text{в.п.}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{рек.}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,38}{46,25 \cdot 3,14159 \cdot 10}} = 0,032[\text{м}] = 32 ,$$

де  $\rho_{\text{в.п.}}$  - густина водяної пари за температури  $T = 571,5 \text{ K}$ ,  $\rho_{\text{в.п.}} = 46,25 \text{ кг/м}^3$ [10];

$\omega_{\text{рек.}}$  – рекомендована швидкість для водяної пари,  $\omega_{\text{рек.}} = 10 \text{ м/с}$ .

Розрахунок діаметра штуцера для рідкого гліцерину, мм.:

$$d_{\text{шт.гл.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{гл.}}}{\rho_{\text{гл.}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{рек.}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{1060 \cdot 3,14159 \cdot 0,15}} = 0,079[\text{м}] = 79 ,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де  $\rho_{\text{гл.}}$  - густина водяної пари при  $T = 563,5 \text{ K}$ ,  $\rho_{\text{гл.}} = 1060 \text{ кг/м}^3$ ; [10];

$\omega_{\text{рек.}}$  – рекомендована швидкість для гліцерину,  $\omega_{\text{рек.}} = 0,15 \text{ м/с}$ .

Розрахунок діаметра штуцера для виходу парів гліцерину, мм.:

$$d_{\text{шт.п.гл.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{гл.}}}{\rho_{\text{п.гл.}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{рек.}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{1,969 \cdot 3,14159 \cdot 26}} = 0,138[\text{м}] = 138 \text{ ,}$$

Де  $\rho_{\text{п.гл.}}$  - густина парів гліцерину за температури  $T = 563,5 \text{ K}$ ,  
 $\rho_{\text{гл.}} = 1,969 \text{ кг/м}^3$  з [10];

$\omega_{\text{рек.}}$  – рекомендована швидкість для парів гліцерину,  $\omega_{\text{рек.}} = 26 \text{ м/с}$ .

Розміри нормалізованих штуцерів за [АТК 24.218.06 - 90]:

1) 2 штуцери 32 – 16 – 4 – 6 – 220 – СтЗпс АТК 24.218.06 – 90 для входу і виходу водяної пари, що має наступні параметри;

Номінальний діаметр  $D_y$ , м 0,032;

Діаметр отвору  $d_t$ , м 0,057;

Товщина стінки  $S_t$ , м 0,012;

Висота штуцера  $H_t$ , м 0,287;

2) штуцер 80 – 0,6 – 1 – 1 – 150 – СтЗпс АТК 24.218. 06 – 90 для входу гліцерину, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр  $D_y$ , м 0,080;

Діаметр отвору  $d_t$ , м 0,089;

Товщина стінки  $S_t$ , м 0,005;

Висота штуцера  $H_t$ , м 0,155;

3) штуцер 150 – 0,6 – 1 – 1 – 150 – СтЗпс АТК 24.218.06 – 90 для виходу парів гліцерину, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр  $D_y$ , м 0,150;

Діаметр отвору  $d_t$ , м 0,159;

Товщина стінки  $S_t$ , м 0,006;

Висота штуцера  $H_t$ , м 0,155.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.3 Розрахунок теплоізоляції парогенератора

Мета розрахунку: визначити товщину ізоляції.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

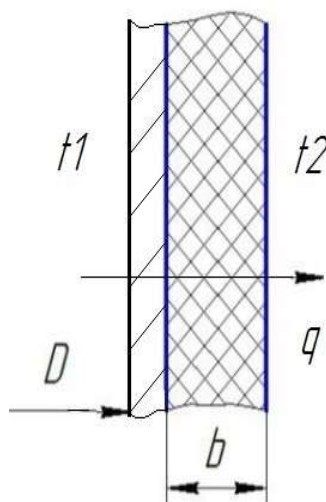


Рисунок 5.6 – схема теплоізоляції

Вихідні дані:

Температура навколишнього середовища  $t_H, K$  291;

Температура стінки апарату  $t_{CT}, K$  595,5;

Температура в апараті  $t_{BH}, K$  595,5;

Коефіцієнт теплопровідності тканини голкопробивної скляної марка  
ПС – Т – 1000 0,057.

Розрахунок ведемо за методикою [14].

$$\Delta t = t_{CT} - t_H = 595,5 - 291 = 304,5 K,$$

Визначимо сумарний коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище випромінюванням і конвекцією,  $Вт/м^2 \cdot K$ :

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t = 9,74 + 0,07 \cdot 304,5 = 31,055 ,$$

Питомий тепловий потік,  $Вт$  .:

$$q = \alpha \cdot (t_{CT} - t_H) = 31,055 \cdot (595,5 - 291) = 9456,2475 ,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина ізоляції, мм.:

$$\delta = \frac{\lambda}{q} (t_{\text{ст}} - t_{\text{н}}) = \frac{0,057}{9456,2475} (595,5 - 291) = 1,8,$$

Приймаємо товщину ізоляції  $\delta = 3$  мм.

Висновок: товщина ізоляції складає  $\delta = 3$  мм тканини голкопробивної скляної, марка ІПС – Т – 100.

### 5.3.4 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску

Мета: розрахувати товщину стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску з урахуванням додатків на корозію і перевірити її міцність.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [13] і передбачає розрахунок товщини обичайки лише від дії внутрішнього тиску.

Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 5.7.

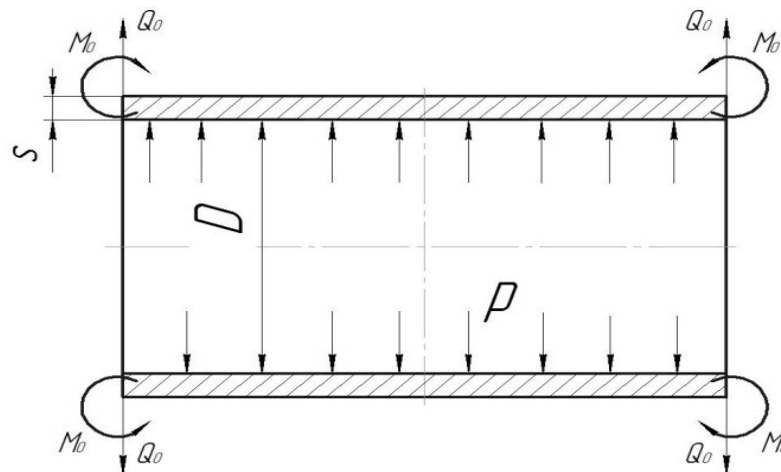


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Вихідні дані:

розрахунковий тиск $P_R$ , МПа	0,101;
діаметр обичайки $D$ , м	1,4;
розрахункова температура $t_R$ , °C	298,5;

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал

12X18H10T;

допустиме напруження матеріалу обичайки  $[\sigma]$ , МПа

172,5.

Розрахунок передбачає визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, із урахуванням додатків на корозію і зручності транспортування та монтажу.

Розрахункова товщина стінки, м.:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{0,101 \cdot 1,4}{2 \cdot 172,5 \cdot 0,8 - 0,101} = 0,000512 ,$$

де  $\varphi = 0,8$  – коефіцієнт міцності зварного шва [12] ;

Виконавча товщина стінки обичайки, мм.:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,51 + 0,5 + 0,5 + 0 = 1,51 ,$$

де  $C_1$  – прибавка на компенсацію корозії та ерозії, мм,

$$C_1 = v \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 ,$$

де  $v$  – швидкість корозії,  $v = 0,05$  мм/рік;

$\tau$  – строк служби,  $\tau = 10$  років;

$C_2$  – прибавка на компенсацію мінусового допуску до товщини листа,  $C_2 = 0,5$  мм;

$C_3$  – технологічна прибавка, яка дорівнює,  $C_3 = 0$  [12].

Приймаємо  $S_R = 4$  мм, рекомендовану [13] з метою забезпечення міцності обичайки.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 172,5 \cdot 0,8 \cdot (4 - 1)}{1400 + 4 - 1} = 0,59 \text{ [МПа]}$$

Перевірка умови міцності  $P \leq [P]$ :

$$0,101 \text{ МПа} \leq 0,59 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.5 Розрахунок еліптичної кришки під дією внутрішнього надлишкового тиску

Мета: визначення товщини стінки еліптичного днища та перевірка її на міцність.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [13] і передбачає розрахунок товщини еліптичного днища лише від дії внутрішнього тиску.

Розрахункова схема днища наведена на рисунку 5.8

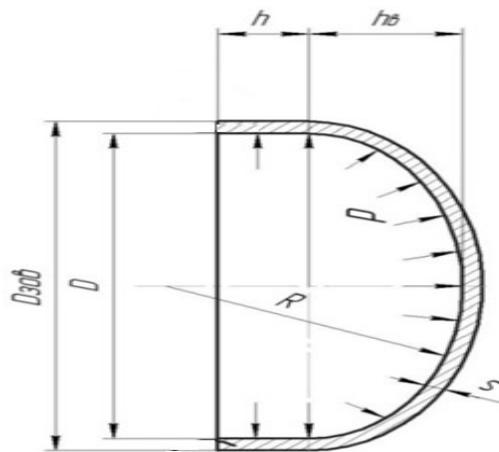


Рисунок 5.8 – Розрахункова схема еліптичного днища

Вихідні дані:

діаметр еліптичного днища  $D$ , м 1,0;

розрахунковий тиск  $P_R$ , МПа 8,344;

матеріал днища X18H10T;

допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]$ , МПа 172,5;

В даному розрахунку необхідно визначити товщину днища та перевірити, чи виконується умова міцності.

Розрахунок на допустимий внутрішній надлишковий тиск:

Розрахункова товщина еліптичного днища, мм.:

$$S_R = \frac{P_R \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi - 0,5 \cdot P} = \frac{8,344 \cdot 0,5}{2 \cdot 172,5 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 8,344} = 0,0153[\text{м}] = 15,3,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\varphi = 0,8$  – коефіцієнт міцності зварного шва [13].

Товщина днища із врахуванням поправок маємо, мм.:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 15,3 + 0,5 + 0,5 + 0 = 16,3 ,$$

де  $C_1$  – прибавка на компенсацію корозії та ерозії, мм,

$$C_1 = v \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 ,$$

Де  $v$  – швидкість корозії,  $v = 0,05$  мм/рік;

$\tau$  – строк служби,  $\tau = 10$  років;

$C_2$  – прибавка на компенсацію мінусового допуску до товщини листа,  $C_2 = 0,5$  мм;

$C_3$  – технологічна прибавка, яка дорівнює,  $C_3 = 0$  [13].

Приймаємо  $S = 17$  мм.

Висоту еліптичної частини днища та радіус кривизни, мм:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 1000 = 250 ,$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{1000^2}{4 \cdot 250} = 1000 ,$$

У зв'язку з тим, що ми обрали еліптичне днище, його обов'язково необхідно виконувати з відбортовкою. Геометричні розміри днища вибираються згідно [15].

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа.:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 172,5 \cdot 0,8 \cdot (17 - 1)}{500 + 0,5 \cdot (17 - 1)} = 8,693 ,$$

де  $S$  – виконавча товщина еліптичного днища,  $S = 0,014$  м;

Перевірка умови міцності  $P \leq [P]$ :

$$8,344 \text{ МПа} \leq 8,693 \text{ МПа} .$$

Умова міцності виконується.

Висновок: як бачимо допустимий внутрішній тиск більший за робочий. Отже, кришка товщиною  $S = 17$  мм витримає робочі навантаження.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.6 Розрахунок трубної решітки

Мета розрахунку: розрахувати товщину трубної решітки та перевірити міцність кріплення труб у трубній решітці.

Схема кріплення труб до трубної решітки зображена на рисунку 5.9.

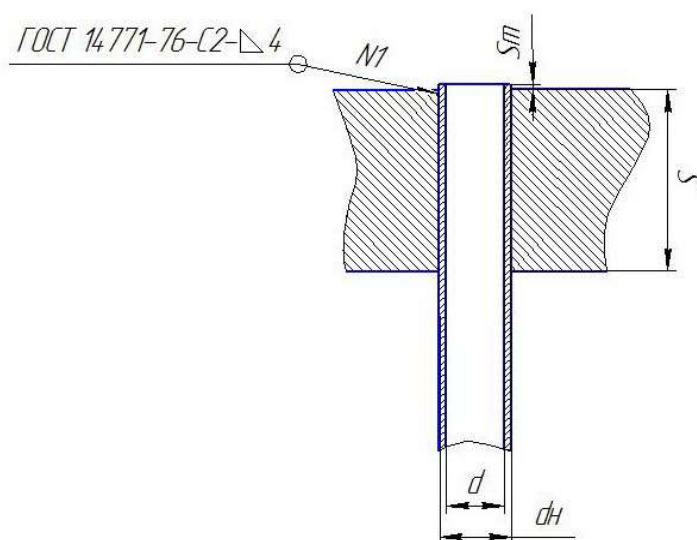


Рисунок 5.9 – Схема кріплення труб до трубної решітки

Вихідні дані:

Діаметр камери  $D_K$ , м 1,4;

Труби  $d_H \times S$ , мм 25x2;

Кількість трубок  $n$ , шт 488;

Крок труб  $t$ , мм 32;

Матеріал трубної решітки 12X18H10T;

Розрахунковий тиск у трубному просторі  $P_t$ , МПа 8,344;

Розрахунковий тиск у між трубному просторі  $P_m$ , Мпа 0,101;

Розрахунок ведеться за методикою [14].

Вибираємо тип закріплення труб в трубній решітці – зварювання.

Загальний переріз розподільчої камери, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{\pi \cdot D_K}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,4^2}{4} = 1,539 ,$$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Загальний поперечний перетин труб, м<sup>2</sup> .:

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_H^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 0,025^2}{4} = 0,24 ,$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi_0 = \frac{F \cdot F_0}{F} = \frac{1,539 - 0,24}{1,539} = 0,844 ,$$

Розрахункова товщина трубної решітки, мм.:

$$S_{RP} = 0,5 \cdot D_K \sqrt{\frac{|P_T - P_M|}{[\sigma]_p \cdot \varphi_0}} = 0,5 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{\frac{|8,434 - 0,101|}{172,5 \cdot 0,523}} = 0,212[\text{м}] = 212 ,$$

Виконавча товщина трубної решітки, мм.:

$$S_R = S_{RP} + C = 212 + 2 = 214 ,$$

З конструктивних міркувань приймаємо,мм:

$$S_R = 215 .$$

Висновок : розраховано товщину трубної решітки – 215 мм.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Рекомендації з виготовлення та експлуатації парогенератора

Монтажні роботи полягають в установці апарату на фундаменті під кутом обраним в ході розрахунків, і приєднанні допоміжного устаткування: трубопроводів, деталей вузлів вводу і виводу рідкої та пароводяної фази, приладів теплового контролю й автоматичного регулювання. Під час монтажу виявляються й усуваються дефекти конструкції і виготовлення апаратури та здійснюється наладка обладнання для експлуатації. Вказівки щодо виготовлення та експлуатації виконуємо згідно [16].

Загальні вказівки до монтажу:

а) способи транспортування розвантаження і зберігання парогенератора на монтажній площадці у замовника повинні забезпечувати захист від механічних пошкоджень частин апарату та збереження його від атмосферної корозії ;

б) стропування апаратів повинне виконуватись відповідно до схеми підприємства-виробника, зазначеній в паспорті апарата. Забороняється стропувати апарат за штуцери та інші, не призначені для цього, виступаючі частини виробу;

в) забороняється скидати з платформ ящики з комплектуючими деталями;

г) забороняється транспортування волочінням або скочуванням деталей та вузлів апарату.

Перед монтажом необхідно:

- розпакувати всі транспортні укладки;
- перевірити комплектність апарата відносно комплектуючих відомостей;
- розпакувати та перевірити всі складальні одиниці та деталі на предмет механічних ушкоджень; перевірити відповідність прокладок умовам експлуатації.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заходи безпеки:

а) монтаж, пуск та експлуатація теплообмінного апарата повинні здійснюватись з дотриманням всіх правил безпеки, встановлених для окремих видів робіт; загальних правил безпеки і протипожежних вимог, діючих на даному підприємстві; вимог інструкції, а також додаткових вимог встановлених технічною документацією;

б) встановлення апарата повинне унеможливлювати небезпеку їх перекидання;

в) ремонт парогенератора та його елементів під час роботи не допускається;

г) необхідно зупинити роботу парогенератора у випадках:

- підвищення тиску або температури вище дозволених технічною характеристикою;

- виявлення в основних елементах апарата тріщин; протікання у фланцевих з'єднаннях, розриву прокладок;

- при несправності контрольно-вимірювальних приладів та запобіжних елементів;

- при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує теплообмінному апарату;

- при несправності або неповній кількості кріпильних деталей фланцевих з'єднань;

Експлуатація апарата при тиску і температурі, що виходить за межі, вказані в паспорті:

д) не допускається охолодження рідини, що знаходиться в апараті, до точки її замерзання;

е) апарати не повинні бути джерелом шуму та вібрації в зоні їх обслуговування вище встановлених норм;

ж) попереджувачі знаки та маркируючі щитки повинні виконуватися на місці монтажу у відповідності з[17].

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з) на основі вимог діючих загальних та галузевих нормативних документів, інструкції і технологічного регламенту установки на підприємстві, що експлуатує апарат, повинні бути розроблені і затверджені у встановленому порядку конкретні правила техніки безпеки при проведенні його монтажу, пуску та експлуатації і виробнича інструкція, які повинні бути видані обслуговуючому персоналу.

Монтажні роботи під час будівництва об'єкту виконуються спеціалізованою монтажною організацією. Виробничі підрозділи організації виконують такі роботи: такелажні (навантажування, розвантажування, переміщення і встановлення теплообмінного апарата в проектне положення); слюсарно-монтажні (складання апарата); монтаж металоконструкції; зварювання; прокладання трубопроводів та інші роботи.

Підготовка до роботи:

а) підприємство-власник зобов'язане до пуску апаратів в експлуатацію отримати технологічний регламент установки з умовами експлуатації обладнання;

б) перед пуском апаратів в експлуатацію необхідно провести видалення повітря із порожнин апаратів продувкою інертним газом. Витіснення газом повітряної суміші вважається закінченим, коли вміст кисню в газі, що виходить із апарата, складає не більше 2% за показниками газоаналізатора.

Перед пуском апарата необхідно перевірити:

а) наявність дозволу Госгортехнадзора на введення апаратів в експлуатацію;

б) надійність болтових і фланцевих з'єднань, в тому числі укомплектованість кріплення;

в) правильність та надійність приєднання технологічних трубопроводів;

г) надійність роботи регулюючої та запобіжної арматури, зв'язаної з апаратом технологічною схемою.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка технічного стану і технічне обслуговування:

а) за необхідністю черговим слюсарем проводиться ремонт або заміна манометрів, термометрів і т. п. у випадку виходу з ладу.

б) планово-попереджувачий ремонт апаратів проводиться у відповідності до діючого на підприємстві положення.

Правила зберігання:

а) спосіб зберігання у замовника повинен забезпечувати попередження механічних пошкоджень частин апарата;

б) штуцера апарата повинні бути закриті.

Інші вимоги за[17].

Складання фланцевих з'єднань після ремонту необхідно виконати в такій послідовності:

- паронітові прокладки з обох сторін натерти графітом;

- гайки болтів строго розташовувати по один бік фланцевого з'єднання;

- затягування болтів здійснювати виключно рівномірним закручуванням гайок хрест-навхрест, що забезпечує рівномірність закріплення та паралельність фланців.

Величина виходу кінців болтів з гайок після закріплення не перевищує величини, яка рівна половині діаметра болта.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення і використання стандартів з метою упорядкування діяльності у визначеній області, раціонального використання ресурсів, дотримання вимог техніки безпеки, підвищення якості продукції і надання послуг.[ 18].

Уніфікація – приведення продукції і засобів виробництва або їх елементів до однієї форми, розмірів, структури, складу. В техніці і машинобудуванні зменшення типових розмірів (марок, форм та інше). Рівень стандартизації та уніфікації характеризується коефіцієнтом застосовності по деталях, визначаємо за методикою РД 33-74, затверджений держстандартом України.

Сам же рівень передбачає усунення надлишкової різноманітності в конструкціях деталей, вузлів, різних елементів (різьби, отвори та інше.), в сортаменті матеріалів, формах технічної документації.

При проектуванні та розробці парогенератора виробництва гліцерину, використано багато стандартних, нормалізованих та уніфікованих конструктивних елементів, деталей та вузлів. Це зроблено з метою спрощення ремонту, обслуговування та заміни елементів конструкції. Зокрема, при виготовленні парогенератора використовуються такі стандартні елементи: арматура трубопровідна, кріпильні пристрої, болти, гайки, стропувальні пристрої, пластини та ін.

Рівень стандартизації становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{98}{112} = 0,875 .$$

де:  $n_c$  – кількість стандартних деталей, шт.;  $n_c = 98$  .

$N$  – загальна кількість деталей, шт.;  $N = 112$  .

Рівень уніфікації становить:

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{98 + 4}{112} = 0,91 ,$$

де:  $n_3$  – кількість уніфікованих деталей, шт.  $n_3 = 4$  .

Висновок: Відповідно до отриманих даних робимо висновок, що рівень стандартизації та уніфікації високий, 0,875 та 0,91 відповідно, що значно спрощує проектування та виготовлення даного апарату.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Підвищення рівня конкурентоспроможності продукції вітчизняного хімічного машинобудування неможливе без впровадження нових технологій, високопродуктивного обладнання, сучасних прогресивних конструкційних матеріалів, а також без технічного переобладнання, реконструкції та будівництва нових дільниць, цехів та підприємств в цілому. Для цього необхідно залучити великі інвестиції, яких не вистачає в Україні в нинішніх умовах переходу до ринкової економіки. Розрахунки ведемо згідно [18].

Виходячи з цього, кожний технічний, організаційний чи господарський проект або будь – яке нововведення повинні бути ретельно обґрунтовані з економічної точки зору. Вище вказане в повній мірі стосується також дипломних проектів бакалаврів, що виконуються студентами інженерно – хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Економічна частина даного дипломного проекту має на меті зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності удосконалення конкретно обраного апарату (парогенератора), який використовується в технологічній схемі виробництва гліцерину.

На даний момент питання про ощадливе використання енергії та ресурсів є дуже важливим для всіх виробництв, а використання парогенераторів у виробництві гліцерину за хлорним методом дозволить підвищити якість цільового продукту. Для такої цілі як найкраще підходять кожухотрубні парогенератори.

При виконанні робіт по удосконаленню конструкції діючого апарату обрано базисний зразок американського апарату для порівняння їх техніко-економічних показників. Такий базисний апарат працює як барботажний десорбер.

Даний базисний апарат має досить добрі експлуатаційні характеристики.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Однак з нашої точки зору є цілий ряд невикористаних резервів, реалізація яких може суттєво підвищити експлуатації базисного апарату. Зокрема, з метою підвищення ефективності масообміну та зниження гідравлічного опору насадки.

Модернізований апарат встановлено під кутом .

Таким чином виконані роботи дозволяють : інтенсифікувати процес теплообміну, тим самим зменшити металоємність апарату.

Основні техніко-економічні показники базового та удосконаленого апаратів (парогенераторів) представлено в таблиці 8.2.

Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню десорберів[ОСТ 26-291-79].

Вдосконалення базового апарату (парогенератора) розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки. Результати розрахунків трудомісткості виконання проектно-конструкторської документації приведені у таблиці 8.2.

Удосконалення діючого устаткування означає його удосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати удосконалення устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай модернізація устаткування хімічної, нафтопереробної та целюлозно-паперової галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Розрахунки ефективності на проведення удосконалення устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi}$ , який розраховується за формулою:

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{10200 + 6900}{170000 \cdot 1,12 \cdot 1,33 + 12000} = 0,924,$$

де  $M_i$  - сукупні витрати на проведення вдосконаленої устаткування, грн.;  
(поточних);

$S_{e_i}$  - перевищення експлуатаційних витрат удосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{H_i}$  - оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

$\alpha$  - коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{a_i}$  - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає вдосконаленню.

Розрахований по формулі 1 коефіцієнт  $n_{p_i}$  може мати позитивні, негативні або нульове значення (таблиці 8.3).

Таблиця 8.3 – Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на удосконалене устаткування

Величина коефіцієнта $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності удосконалення устаткування
$n_{p_i} > 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про удосконалення устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Сукупні витрати  $M_i$  на проведення вдосконалення устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання удосконалення);
- витрати на оплату праці ( заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по удосконаленню устаткування; відрахування на соціальне страхування; амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає удосконаленню;
- інші види витрат.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат  $M_i$  на удосконалення устаткування може бути розрахована по формулі, тисяча грн.:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 170000 \cdot 0,06 = 10,2 ,$$

де  $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає удосконаленню;

$K_i$  - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає удосконаленню.

Удосконалення устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість десорбера  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 1700$  тис. грн.

Величина коефіцієнта витрат на удосконалення  $K_i = 0,04$ .

Таким чином величина витрат для проведення модернізації десорбера становить:

$$M_i = 1700000 \cdot 0,06 = 100,2 .$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{ei}$  може бути розрахована по формулі, а саме :

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,12 \cdot 1700000 - 0,1 \cdot 1350000 = 69000.$$

де  $q_{bi}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає удосконаленню;

$q_{b_n}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$  – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням:

Примітка: Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 1700$  тис. грн.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі

$$\alpha = \frac{P_i}{P_{\text{нов}}} = \frac{1500}{3150} = 0,45,$$

де  $P_i$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

удосконаленню;

$\Pi_{\text{нов}}$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\beta$  розраховується по формулі:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{4}{2,5} = 1,6,$$

де  $T_{\text{мод}}$  – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$  – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники .

Порівнюючи всі знайдені величини, необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат, розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення вдосконалення обраного в дипломному проекті устаткування.

Висновок: Розраховане значення  $n_{\text{рі}} < 0$ , а це значить, що вдосконалення теплообмінника економічно доцільне.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» «Модернізація парогенератора виробництва гліцерину» модернізовано парогенератор виробництва гліцерину за хлорним методом). Модернізація спрямована на підвищення інтенсивності проходження процесу теплообміну за рахунок встановлення апарату під кутом.

Проект включає пояснювальну записку, що містить опис технологічної схеми виробництва гліцерину, вибір типу апарата, опис конструкції і технічну характеристику розроблюваного апарата, порівняння обраної конструкції з аналогами, охорону праці, наведено дані по монтажу й експлуатації.

Виконано розрахунки, що підтверджують надійність і працездатність апарата. При виконанні параметричного розрахунку були визначені габаритні розміри кожухотрубного парогенератора. Розрахунки на міцність основних вузлів та деталей конструкції містять розрахунок штуцерів, укріплення отворів, розраховано гідравлічний опір.

Графічна частина дипломного проекту включає три креслення формату А1, креслення формату А2 та креслення формату А3, що містить: технологічна схема виробництва – А1, складальні креслення: парогенератор, трубний пучок, кришка, трубна решітка. Кожне складальне креслення супроводжується відповідною специфікацією.

За період виконання роботи зроблені 2 доповіді (з опублікуванням тез) на XXIII та XXIV всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, а також отримано один деклараційний патент України на корисну модель «Парогенератор».

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» «Модернизация парогенератора производства глицерина» модернизировано парогенератор производства глицерина по хлорному методу). Модернизация направлена на повышение интенсивности прохождения процесса теплообмена за счет установки аппарата под углом.

Проект включает объяснительную записку, содержащую описание технологической схемы производства глицерина, выбор типа аппарата, описание конструкции и техническую характеристику разрабатываемого аппарата, сравнение выбранной конструкции с аналогами, охране труда, приведены данные по монтажу и эксплуатации.

Выполнены расчеты, подтверждающие надежность и работоспособность аппарата. При выполнении параметрического расчета были определены габаритные размеры кожухотрубного парогенератора. Расчеты на прочность основных узлов и деталей конструкции содержат расчет штуцеров, укрепления отверстий, рассчитано гидравлическое сопротивление.

Графическая часть дипломного проекта включает три чертежи формата А1, чертежи формата А2 и чертежи формата А3, содержащий: технологическая схема производства - А1, сборочные чертежи: парогенератор, трубный пучок, крышка, трубная решетка. Каждый сборочный чертеж сопровождается соответствующей спецификацией.

За период выполнения работы сделаны 2 доклада (с опубликованием тезисов) на XXIII и XXIV всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, а также получен один декларационный патент Украины на полезную модель «Парогенератор».

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusions

In the graduation project of educational qualification level "bachelor" Modernization of the steam generator of glycerin production "the steam generator of glycerin production according to the chlorine method was modernized). The modernization is aimed at increasing the intensity of the heat exchange process by installing the device at an angle.

The project includes an explanatory note containing a description of the technological scheme for the production of glycerin, the choice of the type of apparatus, a description of the structure and the technical characteristics of the apparatus being developed, a comparison of the chosen structure with analogues, labor protection, data on installation and operation.

The calculations confirming the reliability and performance of the device. When performing a parametric calculation, the dimensions of the shell-and-tube steam generator were determined. Calculations on the strength of the main components and parts of the design contain the calculation of fittings, reinforcement of the holes, calculated hydraulic resistance.

The graphic part of the graduation project includes three drawings of A1 format, drawings of A2 format and drawings of A3 format, containing: technological scheme of production - A1, assembly drawings: steam generator, tube bundle, cover, tube sheet. Each assembly drawing is accompanied by an appropriate specification.

During the period of the work, 2 reports were made (with the publication of abstracts) to the XXIII and XXIV All-Ukrainian Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, and one declaration patent of Ukraine was received for the utility model "Steam Generator".

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Перелік посилань

1. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев, О.Г. Зубрій, І.О. Мікульонок,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 1999. - 148 с.
2. Пат. RU184945 С МПК B01D19/00. ОБТЮРАТОР ПОПЕРЕЧНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА / Калус В.В., Калус С.И., Газизов Н.А. // Опубл. 15. 11. 2018
3. Пат. RU2680291 С МПК B01D19/00. КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК /Данилов.С.Я. // Опубл. 19. 02. 2019
4. Пат. RU186512 С МПК B01D19/00. КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С МЯГКИМ КОЖУХОМ /Данилов.С.Я. // Опубл. 03. 02. 2019
5. Пат. EP 2881154A1 B01D19/00. Vorrichtung und Verfahren zur Entspannungsverdampfung / Vögeli, Tobias// Опубл. 04. 12. 2018
6. Пат.US20180296976A1Renewable high efficient desulfurization process using a suspension bed / Lin Li // Опубл. 18/10/2018
7. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охорони праці. 2-е вид., стереотип. – Львів: Афiша, 2000. – 348 с.
8. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии:Учебник для техникумов.-Л.:Химия, 1991.-352с.,ил.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
10. Д. Л. Рахманкулов, Б. Х. Кимсанов, Р. Р. Чанышев, - М.: Физические свойства глицерина, Химия, 2003. – 200с.; ил.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1980. – 424 с.
12. Латышенков А.М. Гидравлика. Латышенков А.М., Лобачев В.Г. – Владимир, 1956. – 406 с.
13. Ю. И. Дытнерский. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. – М. Химия, 1983 – 272 с.
14. Лащинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
15. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов.
16. ГОСТ 24755-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий
17. ГОСТ 12. 3. 009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
18. Дунин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник./— М.: Издательство стандартов, 1987, 352 с., ил. 5112
- Задольський А. М. , Щаповаленко О. О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів. Київ, 2010.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток А**  
**Документація патентного дослідження**

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А. Патентний пошук.

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

### РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН51.065134РП

Найменування теми Кожухотрубний парогенератор

шифр теми ЛН51.065134

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень  
ЛН51.065134.

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** -  
теплообмінник (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо  
теплообмінних апаратів (визначення патентноздатності проєктованого  
апарату і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку:  
Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Велика Британія, Німеччина,  
Франція, Японія, Канада, Швейцарія, Південна Корея.

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20  
років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо  
такий: 2017-2019.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація:  
:МПКВ01С1/19, С21/359, В01С1/19

Уніфікована десятикова класифікація УДК 66.0 (233),  
66.01/07(075.8).

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів,  
офіційні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту і Госпатенту СРСР, 2)  
Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів,  
підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних  
технологій.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початок пошуку 02.02.2019 Закінчення пошуку 02.05.2019.

Довідка про пошук № ЛН51.066233 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН51.066233.000

(номер, дата)

Етап - Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛН51.09.19.02.2018

Номер, дата регламенту пошуку ЛН51.066233РП 02.02.2019,

Початок пошуку 02.02.2019 Закінчення пошуку 2.05.2019.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Тепло-обмінний апарат	Визначення патентно-здатності проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, США.	<u>МПКВ01С</u> <u>1/19,С21/3</u> <u>59,В01С1/</u> <u>19.</u>	2017–2018	Основные процессы и аппараты химической технологии.М.: Химия, 1973. 756 с Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского М.: Химия, 1991. - 496 с Процеси та обладнання хімічної технології Я.М. Корнієнко, І.О. Мікульонок, та інші./ НТУУ «КПІ», 2011. Ч.1 – 300 с.; Ч.2 – 416 с.

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.2. – Джерела інформації, які використані під час патентного пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, яка використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Тепло-обмінний апарат	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, США.	<u>МПКВ</u> <u>01С1/1</u> <u>9</u> , <u>С21/35</u> <u>9</u> , <u>В01С</u> <u>1/19</u>	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безкоштовний доступ в Інтернеті  <a href="http://www.patents.google.com/">http://www.patents.google.com/</a>  <a href="http://www.findpatent.ru/">http://www.findpatent.ru/</a>  <a href="http://freepatent.ru/">http://freepatent.ru/</a>  <a href="http://uapatents.com/">http://uapatents.com/</a>	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2180000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения",	Журнали "Химическо, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" Процеси та обладнання хімічної технології /Я.М. Корнієнко, І.О. Мікульонок, та інші./ НТУУ «КПІ», 2011. Ч.1 – 300 с.; Ч.2 – 416 с.

Таблиця А.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу.

Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Обтюратор поперечної перегородки кожухотрубчатого теплообменника	Пат. RU184945 С МПК B01D19/00. / Калус В.В., Калус С.И., Газизов Н.А. // Оpubл. 15. 11. 2018	Діє
Кожухотрубный теплообменник	Пат. RU2680291 С МПК B01D19/00. /Данилов.С.Я. // Оpubл. 19. 02. 2019	Діє
Кожухотрубный теплообменник с мягким кожухом	Пат. RU186512 С МПК B01D19/00. /Данилов.С.Я. // Оpubл. 03. 02. 2019	Діє
Система миттєвого випароування	Пат. EP 2881154A1 B01D19/00. Vorrichtung und Verfahren zur Entspannungsverdampfung / Vögeli, Tobias// Оpubл. 04. 12. 2018	Діє
Десульфатційна установка	Пат. CN109078476A1 A kind of wet desulfurization system and method using double calcium-based desulfurizing agents / Zhang Yuliang// Оpubл. 25/12/2018	Діє

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



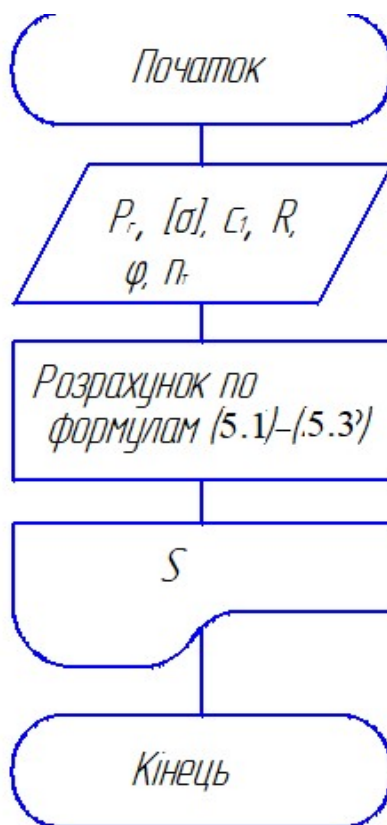
**Додаток Б**  
**Патенти, які використовувались в патентному дослідженні**

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток В**  
**Розрахунок еліптичного днища**

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Блок-схема алгоритму розрахунку еліптичного днища



# Таблиця ідентифікаторів програми розрахунку еліптичного днища

ТаблицяВ – Таблиця ідентифікаторів

Назва	Позначення	Розмірність	Ідентифікатор
1 Розрахунковий тиск	$P_r$	МПа	Pr
2 Пробний тиск	$P_n$	МПа	Pn
3 Допустимий тиск	P	МПа	Pdop
4 Допустиме напруження	$[\sigma]$	МПа	Sigma
5 Допустиме напруження при 20°C	$[\sigma]^{20}$	МПа	Sigma1
6 Радіус	R	м	R
7 Товщина стінки	S	м	S
8 Коефіцієнт міцності зварного шва	$\varphi$	-	fi
9 Додаток до товщини стінки	c	м	c
10 Границя плинності	$n_T$	-	nt

Програма розрахунку еліптичного днища під дією внутрішнього надлишкового тиску

CLS

INPUT "Tuck="; P

INPUT "Diametr="; D

INPUT "Dopystuminaprygenny="; Sigma

INPUT "Dopystuminaprygennynpu 20 C="; Sigma1

INPUT "Dodatok="; C

INPUT "Koef. zvarного shva="; fi

INPUT "Gran. plunnosti="; nt

$P_n = 1.25 * P * \text{Sigma1} / \text{Sigma}$

$K = 1.35 * P * \text{Sigma1} / \text{Sigma}$

$\text{Sigma1} = \text{Sigma} / nt$

$Sr1 = P * D / (2 * \text{Sigma} * fi - P)$

$Sr2 = P_n * D / (2 * \text{Sigma1} * fi - P_n)$

IF  $P_n < K$  THEN  $Sr = Sr1$  ELSE IF  $Sr1 > Sr2$  THEN  $Sr = Sr1$  ELSE  $Sr =$   
Sr2

$S1 = Sr + C$

$S = \text{INT}(S1)$

IF  $S < .006$  THEN  $S = .006$

20 :

IF  $(S - C) / D \leq .1$  THEN  $P_{dop} = 2 * \text{Sig} * fi * (S - C) / (D + S - C)$   
ELSE GOTO 10

IF  $P > P_{dop}$  THEN  $S = S + .001$ : GOTO 20

PRINT "S="; S

PRINT "Pdop="; Pdop

10 :

END

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виведення результатів:

$S=0.008$

$P_{dop}=0.266$

					ЛН51.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F28D 1/04 (2018.08); F28D 7/16 (2018.08); B21D 39/06 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018114976, 23.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.04.2018

Дата регистрации:  
19.02.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.04.2018

(45) Опубликовано: 19.02.2019 Бюл. № 5

Адрес для переписки:

445050, Самарская обл., г. Тольятти, а/я 809,  
НОЧУ ДПО "Тольяттинский институт  
технического творчества и патентования",  
Мазур З.Ф.

(72) Автор(ы):

Данилов Сергей Яковлевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Данилов Сергей Яковлевич (RU)

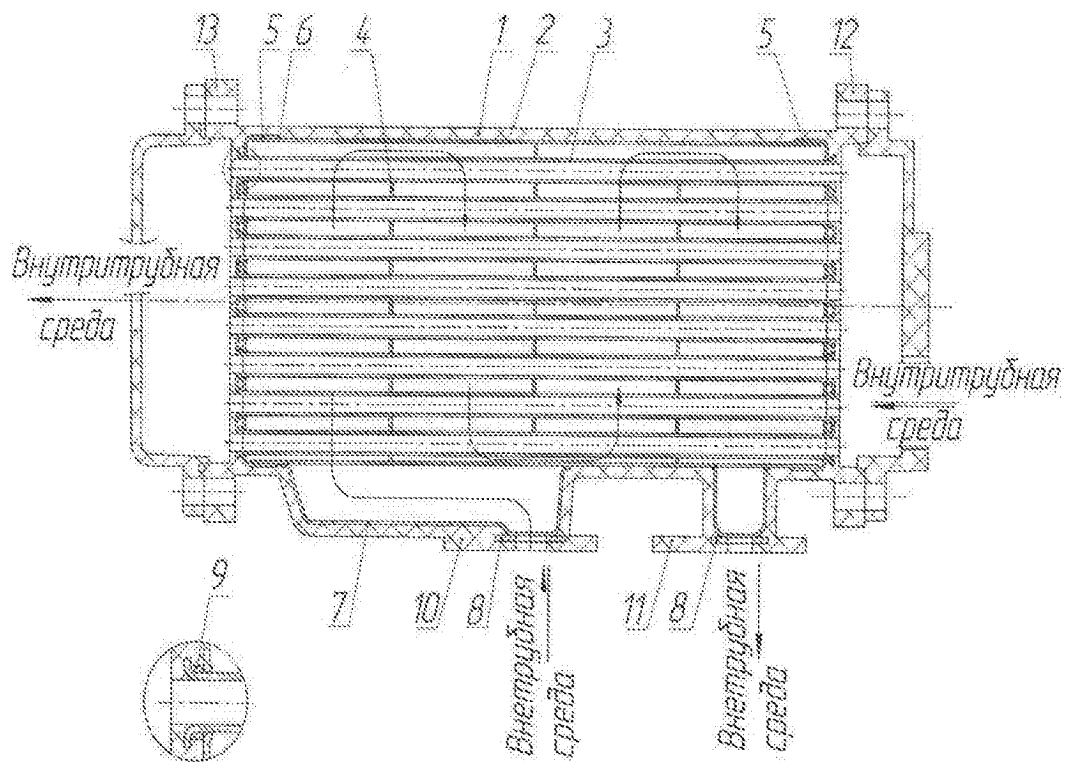
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2294502 C1, 27.02.2007. SU  
1562656 A1, 07.05.1990. RU 2238501 C1,  
20.10.2004. SU, 648309 A1, 25.02.1979. FR  
2592819 A, 17.07.1987.

(54) Кожухотрубный теплообменник

(57) Реферат:

Изобретение относится к области теплотехники и может быть использовано для изготовления теплообменников, преимущественно для двигателей внутреннего сгорания транспортных средств. Кожухотрубный теплообменник, содержащий кожух, в котором размещен пучок теплообменных трубок с охлаждающими ребрами, закрепленный концами трубок в сквозных отверстиях трубных решеток, причем концы трубок выступают за пределы решетки, а межтрубное пространство разделено поперечными перегородками, образующими охладительный контур с патрубками подвода и отвода межтрубной среды, и коллекторы подвода и отвода внутритрубной среды, присоединенные

к фланцам кожуха с обеих сторон теплообменника. Кожух и трубные решетки выполнены из листового металла с отверстиями для прохождения теплообменных трубок и для обеспечения герметичности и прочности соединяются между собой сварным швом, при этом выступающие концы теплообменных трубок прижимаются к кожуху через дистанционные втулки методом развальцовки, а кожух, трубные решетки и концы теплообменных трубок снаружи опрессовываются термостойким композитным материалом. Технический результат - повышение надежности соединения трубок с трубной решеткой при снижении трудоемкости изготовления теплообменника. 1 ил.



Фиг. 1





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F28D 1/04 (2018.08); F28D 7/16 (2018.08); B21D 39/06 (2018.08)*(21)(22) Application: **2018114976, 23.04.2018**(24) Effective date for property rights:  
**23.04.2018**Registration date:  
**19.02.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **23.04.2018**(45) Date of publication: **19.02.2019** Bull. № 5

Mail address:

**445050, Samarskaya obl., g. Tolyatti, a/ya 809,  
NOCHU DPO "Tolyattinskij institut  
tekhnicheskogo tvorchestva i patentovedeniya",  
Mazur Z.F.**

(72) Inventor(s):

**Danilov Sergej Yakovlevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Danilov Sergej Yakovlevich (RU)**(54) **SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER**

(57) Abstract:

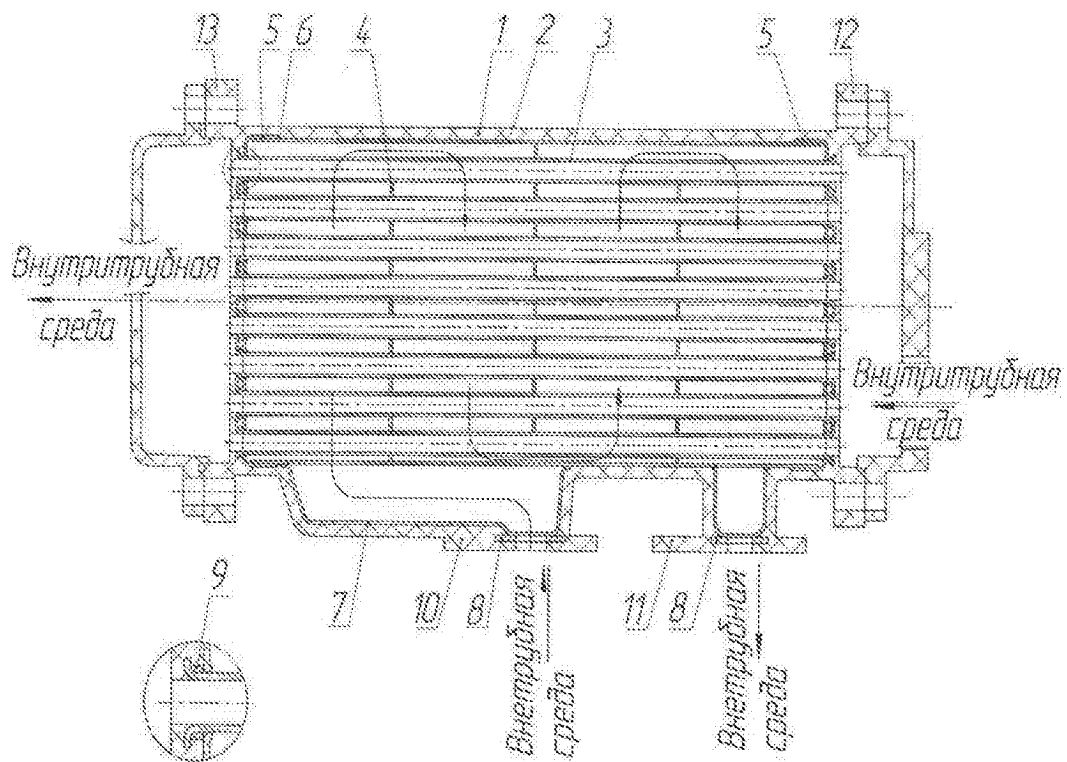
FIELD: heating equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of heat equipment and can be used for the heat exchangers manufacturing, mainly for the vehicles internal combustion engines. Tube and shell heat exchanger comprising a shell, in which the heat exchange tubes bundle with cooling fins is placed, by the tubes ends fixed in the tube sheets through holes, wherein the tubes ends are protruding beyond the sheet, and the annular space is divided by the transverse partitions that form the cooling circuit with inter-tubular medium inlet and outlet branch pipes, and the inter-tubular medium inlet and outlet manifolds, connected to the shell flanges on

the heat exchanger both sides. Shell and tube sheets are made of sheet metal with openings for the heat exchange tubes passage, and are welded together to ensure tightness and strength, at that, the heat exchange tubes protruding ends are pressed against the shell through the spacing bushings by the flaring method, and from the outside the shell, tube sheets and the heat exchange tubes ends are pressed together with the heat-resistant composite material.

EFFECT: increase in the tubes to the tube sheet connection reliability while reducing the heat exchanger manufacturing complexity.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

Область техники

Изобретение предназначено для применения в области теплообмена, а именно может быть использовано для изготовления теплообменников, преимущественно для двигателей внутреннего сгорания транспортных средств.

Уровень техники

Известен кожухотрубный теплообменник, который включает кожух с патрубками подвода и отвода, пучки труб с коллекторами на концах и перегородки внутри кожуха, патрубки входа и выхода соединены с коллекторами, причем кожух выполнен в виде двух концентрично расположенных цилиндров, трубы выполнены в виде незамкнутых колец, причем на концах труб установлено, по меньшей мере, по паре коллекторов - входной, выходной и перепускные, - обеспечивающие зигзагообразное движение по трубам теплообменника, а перегородки внутри кожуха установлены с образованием лабиринта (RU патент № 2294502 C1, Кожухотрубный теплообменник. МПК F28D 7/04, опубл. 27.02.2007, Бюл. № 6).

Причинами, по которым нельзя достичь технический результат, заключается недостаточной технологичности изготовления и низкой эффективностью теплообмена.

Известен теплообменник, содержащий кожух, в котором размещены закрепленные в трубных досках теплообменные трубы, снабженные компенсаторами температурных расширений. Теплообменные трубы выполнены составными из установленных с зазором автономных отрезков труб, имеющих на свободных концах внутренние цилиндрические проточки, а компенсатор выполнен в виде пары вставленных друг в друга пружинящих колец с диаметрально противоположными продольными разрезами. (Авт.св. СССР № 1562656 А1, Кожухотрубный теплообменник. F 28 D 7/16, опубл. 07.05.1990, Бюл. № 17).

Причинами, по которым нельзя достичь технический результат, заключается в низкой надежности и технологичности конструкции.

В качестве прототипа взято техническое решение, кожухотрубный теплообменник и способ его сборки, содержащий кожух, в котором размещен пучок теплообменных трубок с охлаждающими ребрами, закрепленный концами трубок в сквозных отверстиях трубных решеток, причем концы трубок выступают за пределы решетки, а межтрубное пространство разделено поперечными перегородками, образующими охлаждающий контур с патрубками подвода и отвода межтрубной среды, и коллекторы подвода и отвода внутритрубной среды, присоединенные к фланцам кожуха с обеих сторон теплообменника (RU патент № 2238501 C1, Кожухотрубный теплообменник и способ его сборки. F28D 7/16, опубл. 20.10.2004, Бюл. № 29).

Причинами, по которым нельзя достичь технический результат, заключается в технологической сложности сборки и недостаточной плотностью соединения трубок с трубной решеткой.

Раскрытие сущности полезной модели

Технической проблемой изобретения является упрощение конструкции теплообменника, повышение надежности соединения трубок с трубной решеткой, повышение технологичности и снижение трудоемкости изготовления теплообменника.

Технический результат направлен на повышение эксплуатационной надежности кожухотрубного теплообменника.

Технический результат достигается тем, что кожухотрубный теплообменник, содержащий кожух, в котором размещен пучок теплообменных трубок с охлаждающими ребрами, закрепленный концами трубок в сквозных отверстиях трубных решеток, причем концы трубок выступают за пределы решетки, а межтрубное пространство

разделено поперечными перегородками, образующими охладительный контур с патрубками подвода и отвода межтрубной среды, и коллекторы подвода и отвода внутритрубной среды, присоединенные к фланцам кожуха с обеих сторон теплообменника, при этом кожух и трубные решетки выполнены из листового металла с отверстиями для прохождения теплообменных трубок, а кожух и трубные решетки для обеспечения герметичности и прочности соединяются между собой сварным швом, а выступающие концы теплообменных трубок прижимаются к кожуху через дистанционные втулки методом развальцовки, причем кожух, трубные решетки и концы теплообменных трубок снаружи опрессовываются термостойким композитным материалом для создания герметичности, дополнительной прочности и для формирования патрубков подвода и коллекторов отвода межтрубной и внутритрубной среды.

#### Описание чертежей

На фиг. 1 показан общий вид кожухотрубного теплообменника, где:

1. корпус;
2. кожух;
3. теплообменные трубки;
4. поперечные перегородки;
5. трубные решетки;
6. шов;
7. переходники;
8. фланцы;
9. дистанционные втулки;
10. патрубков подвода межтрубной среды;
11. патрубков отвода межтрубной среды;
12. коллектор подвода внутритрубной среды
13. коллектор отвода внутритрубной среды

Кожухотрубный теплообменник состоит из корпуса теплообменника 1, состоящего из стального кожуха 2, в который вставлены медные или алюминиевые теплообменные трубки 3 с поперечными перегородками 4 для перетекания межтрубной среды и трубные решетки 5, с отверстиями под трубки, которые для обеспечения герметичности и прочности соединены между собой сварным швом 6. К кожуху привариваются переходники 7 и фланцы 8 для формирования места крепления теплообменника и подачи межтрубной среды. На трубки снаружи трубных решеток 5 надеваются дистанционные втулки 9 для обеспечения литьевого зазора между трубными решетками 5 и фланцем теплообменных трубок 3 после развальцовки. Концы теплообменных трубок 3 развальцовываются. Сваренные, между собой, кожух 2 и трубные решетки 5 для обеспечения герметичности и дополнительной прочности опрессовываются термостойким композитным материалом высокой прочности стойким к межтрубной и внутритрубной среде образуя корпус теплообменника 1. Из композитного материала формируются патрубки 10 подвода и отвода 11 межтрубной среды и коллектора 12 подвода и отвода 13 внутритрубной среды.

#### Осуществление изобретения.

Теплообменник работает следующим образом.

Среда внутритрубного пространства подается в коллектор 12, протекает через теплообменные трубки 3, обмениваясь при этом теплом со средой межтрубного пространства, и далее через коллектор 13 удаляется из теплообменника. Среда межтрубного пространства поступает через патрубок 10, а затем, огибая поперечные

перегородки 4, протекает по охлаждающему контуру между трубками 3 поступает в патрубок 11.

(57) Формула изобретения

5 Кожухотрубный теплообменник, содержащий кожух, в котором размещен пучок теплообменных трубок с охлаждающими ребрами, закрепленный концами трубок в сквозных отверстиях трубных решеток, причем концы трубок выступают за пределы решетки, а межтрубное пространство разделено поперечными перегородками, образующими охлаждающий контур с патрубками подвода и отвода межтрубной  
10 среды, и коллекторы подвода и отвода внутритрубной среды, присоединенные к фланцам кожуха с обеих сторон теплообменника, отличающийся тем, что кожух и трубные решетки выполнены из листового металла с отверстиями для прохождения теплообменных трубок, при этом кожух и трубные решетки для обеспечения герметичности и прочности соединяются между собой сварным швом, а выступающие  
15 концы теплообменных трубок прижимаются к кожуху через дистанционные втулки методом развальцовки, причем кожух, трубные решетки и концы теплообменных трубок снаружи опрессовываются термостойким композитным материалом.

20

25

30

35

40

45

The technical drawing illustrates a heat exchanger assembly. The main view is a longitudinal section showing a cylindrical shell (1) containing a bundle of horizontal tubes (2). The tubes are supported by a central support structure (3) and are connected to a manifold (4) at the top. The shell is closed by two end covers (5, 6) with flanges (7, 8). The internal space of the shell is labeled "Внутритруidная среда" (Internal medium). The external space of the shell is labeled "Внешнетруidная среда" (External medium). A detailed view (9) shows a cross-section of the tube bundle, highlighting the arrangement of the tubes and the support structure.

Фиг. 1



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월28일

(11) 등록번호 10-1921688

(24) 등록일자 2018년11월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01M 3/28* (2006.01) *F28F 1/00* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G01M 3/2846* (2013.01)  
*F28F 1/00* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0066756
- (22) 출원일자 2018년06월11일  
 심사청구일자 2018년06월11일
- (56) 선행기술조사문헌  
 KR100893001 B1\*  
 KR200423261 Y1\*  
 US04602500 A\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
**(주) 런텍**  
 부산광역시 강서구 미음산단4로 26(미음동)  
**김종남**  
 부산광역시 강서구 명지오션시티11로 51, 311동  
 301호 (명지동, 영어도시 쿼텟1차)
- (72) 발명자  
**김종남**  
 부산광역시 강서구 명지오션시티11로 51, 311동  
 301호 (명지동, 영어도시 쿼텟1차)
- (74) 대리인  
**김성환**

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 홍기정

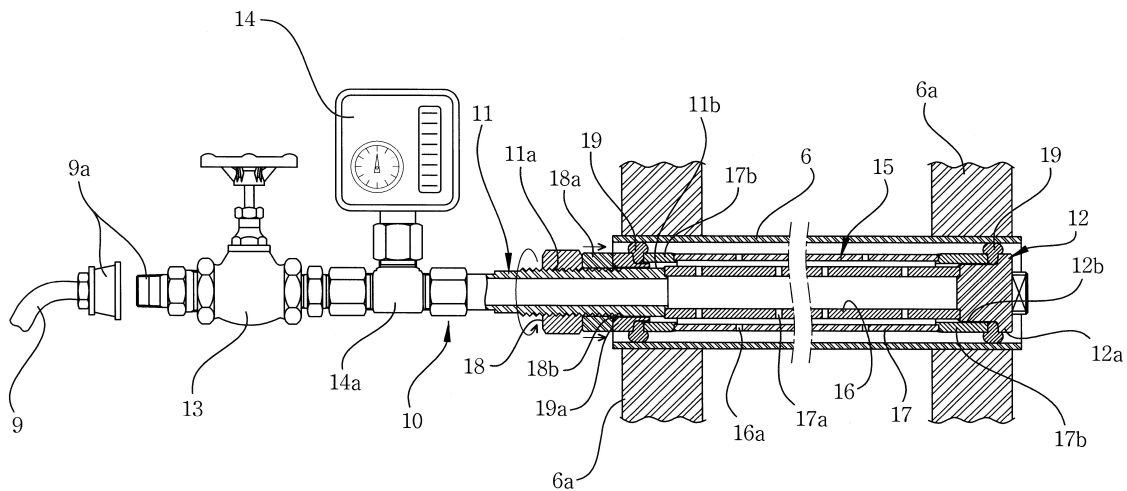
(54) 발명의 명칭 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터

(57) 요약

본 발명은 열교환기에 사용되는 전열튜브의 누설여부를 검사하는 테스트장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 누설테스트용 유체의 유출공이 형성된 내,외부파이프의 이중관 구조로 하여 전열튜브의 내부로 삽입되는 인서트 파이프를 구성하고, 상기 인서트파이프의 선단측과 후단측에는 누설테스트용 유체의 도입을 위한 헤드파이프와

(뒷면에 계속)

대표도



마개용 엔드캡을 각각 연결 설치하며, 상기 헤드파이프의 후방면과 엔드캡의 전방면을 내부파이프로 연결시키고, 헤드파이프의 후방측과 엔드캡의 전방측은 소정의 폭만큼 외부파이프의 양측단 내부로 삽입시키며, 상기 헤드파이프와 엔드캡의 외주면에는 외부파이프의 양측단과 접촉되는 밀폐링을 각각 설치하고, 상기 헤드파이프의 외주연부에 걸쳐 볼트부를 형성시키는 한편, 해당 볼트부에는 각각의 밀폐링을 외부파이프와 함께 엔드캡측으로 밀어내는 클램핑너트를 설치함으로써, 상기 클램핑너트의 체결력에 의하여 각각의 밀폐링이 외부파이프로부터 돌출되어 전열튜브의 내주면과 밀착되게 하는 방식으로 누설테스트용 공간을 일차적으로 밀폐시킨 다음, 상기 헤드파이프로부터 내, 외부파이프의 유출공을 거쳐 전열튜브의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킴에 따라 해당 전열튜브의 누설여부를 압력계이지로 확인할 수 있도록 하며, 이를 통하여 열교환기의 일측 커버구조 물만을 분해시키더라도 전열튜브의 누설검사가 가능토록 한 리크테스터에 관한 것이다.

---



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

열교환기에 사용되는 전열튜브(6)의 누설여부를 검사하는 테스트장치에 있어서,

상기 테스트장치는, 누설테스트용 유체의 도입을 위한 헤드파이프(11)와, 상기 헤드파이프(11)의 후단부에 연결 설치된 상태로 전열튜브(6)의 내부로 삽입되는 인서트파이프(15)와, 상기 인서트파이프(15)의 후단부를 커버하는 엔드캡(12)과, 상기 헤드파이프(11)의 외주면에 형성된 볼트부(11a)를 따라 전,후 방향으로 이동 가능하게 체결 설치되는 클램핑너트(18)와, 상기 인서트파이프(15)의 양측단부에 해당하는 위치에서 헤드파이프(11)와 엔드캡(12)의 외주연부상에 각각 설치되는 탄성소재로서의 밀폐링(19)을 포함하여서 이루어지며,

상기 인서트파이프(15)는 내부파이프(16)와 외부파이프(17)가 포함된 이중관 구조가 되고, 상기 헤드파이프(11)의 후방면과 엔드캡(12)의 전방면이 내부파이프(16)에 의하여 연결 설치되는 한편, 상기 헤드파이프(11)의 후방측과 엔드캡(12)의 전방측이 소정의 폭만큼 외부파이프(17)의 양측단부 내측으로 각각 삽입 설치되며, 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)에는 누설테스트용 유체의 유출공(16a)(17a)이 각각 형성되고, 상기 밀폐링(19)은 외부파이프(17)의 선단측과 후단측에 해당하는 위치에서 헤드파이프(11)와 엔드캡(12)의 외주연부상에 각각 설치되며,

상기 클램핑너트(18)와 전방측 밀폐링(19)의 사이에는 헤드파이프(11)의 외주면과 접촉되는 슬리브형 스페이서(18a)가 설치되고, 상기 엔드캡(12)의 후단부에는 후방측 밀폐링(19)의 지지를 위한 플랜지부(12a)가 형성되며, 상기 스페이서(18a)와 전방측 밀폐링(19)의 사이에는 해당 밀폐링(19)의 시트 기능을 수행하는 팩킹슬리브(19a)가 설치되고, 상기 스페이서(18a)와 팩킹슬리브(19a)의 사이에는 보조밀폐링(18b)이 개재되며, 상기 전방측 밀폐링(19)과 후방측 밀폐링(19)은 클램핑너트(18)의 체결력에 의한 압착작용으로 소정의 폭만큼 외부파이프(17)로부터 돌출되어 전열튜브(6)의 내주면과 밀착됨에 따라 누설테스트용 공간을 밀폐시키는 기능을 수행하는 것임을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 헤드파이프(11)의 선단 입구측에는 밸브기구(13)와 압력게이지(14)가 순차적으로 연결 설치되는 것을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

#### 청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 외부파이프(17)의 선단측과 후단측에는 내부파이프(16)와 외부파이프(17)사이의 여유 간격 확보를 위한 스커트튜브(17b)가 제공되고, 상기 각각의 스커트튜브(17b)는 용접식 또는 나사체결식으로 외부파이프(17)와 연결 설치되며,

상기 헤드파이프(11)의 후방측과 엔드캡(12)의 전방측은 해당 스커트튜브(17b)의 내측을 따라 소정의 폭만큼 삽입 설치되고, 상기 밀폐링(19)은 헤드파이프(11)의 스페이서(18a)와 전방측 스커트튜브(17b)의 사이 및 후방측 스커트튜브(17b)와 엔드캡(12)의 플랜지부(12a) 사이에 각각 설치되는 것을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 헤드파이프(11)의 후방면과 엔드캡(12)의 전방면은 내부파이프(16)의 양측단부와 나사체결식으로 조립 및 연결 설치되는 것을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

#### 청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)는 나사체결식으로 분해 조립이 가능한 최

소 2개 이상의 파이프유닛(15a)이 길이 방향으로 연결 설치된 것임을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

## 청구항 7

제 5항에 있어서, 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)는 나사체결식으로 분해 조립이 가능한 최소 2개 이상의 파이프유닛(15a)이 길이 방향으로 연결 설치된 것임을 특징으로 하는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 열교환기의 열교환케이싱 내부에 설치되어 서로 다른 이종(異種) 유체간의 열교환을 수행하는 전열튜브의 일측단 입구를 통하여 전열튜브와 유사한 길이를 가지는 인서트파이프를 삽입시키고, 상기 인서트파이프의 양측단에 설치된 밀폐링을 압착 및 돌출시켜 각각의 밀폐링이 전열튜브의 내주면과 밀착되도록 한 다음, 상기 인서트파이프로부터 전열튜브의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킬 수 있도록 함으로서, 열교환기의 일측 커버만을 분리하더라도 전열튜브의 누설여부를 검사할 수 있도록 한 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 일반적으로 열교환기라고 하는 것은 서로 다른 이종 유체간에 열교환을 수행할 수 있도록 한 공지의 장치로서 관형(Tube type) 열교환기와 판형(Plate type) 열교환기로 대별될 수 있으며, 통상의 관형 열교환기는 원통 형상의 열교환케이싱 내부에 다수 개의 전열튜브를 배치시켜 놓은 상태에서, 상기 열교환케이싱과 각각의 전열튜브 내부를 통하여 전열유체와 피전열유체가 서로 혼입(混入)됨이 없이 교차 유동할 수 있는 구조를 가지는 것이다.

[0003] 도 1에서는 관형 열교환기 중에서 비교적 간단한 구조를 가지는 다관식 열교환기(1)를 대표적인 일례로 나타내 있는 바, 원통 형상의 열교환케이싱(2)이 전방플레이트(3)와 후방플레이트(4)에 의하여 함체형의 밀폐된 구조를 이루는 한편, 상기 열교환케이싱(2)의 내부 공간에 걸쳐 다수 개의 전열튜브(6)가 일정한 간격을 두고 배치되며, 상기 열교환케이싱(2)의 상부측과 하부측에는 제 1유체(전열유체 또는 피전열유체)의 유동을 위한 제 1유입관(2a)과 제 1배출관(2b)이 각각 연결 설치되어 있다.

[0004] 그리고, 상기 각각의 전열튜브(6)는 전방측 튜브지지판(6a)과 후방측 튜브지지판(6a)에 의하여 하나의 튜브번들(Tube bundle)(5) 단위로 모듈(Module)화된 상태에서, 열교환케이싱(2)의 전방플레이트(3)를 관통하여 열교환케이싱(2)의 내부로 삽입 설치되는 것이며, 상기 전방측 튜브지지판(6a)은 열교환케이싱(2)의 외부로 노출되고, 상기 후방측 튜브지지판(6a)은 열교환케이싱(2)의 내부에 배치되며, 상기 튜브번들(5)의 외곽측에는 다수 개의 보강대(6b)가 튜브지지판(6a)의 사이에 걸쳐 연결 설치되어 있다.

[0005] 상기 전방측 튜브지지판(6a)의 전방면에 전방커버(7)가 연결 설치되고, 상기 전방커버(7)상에 제 2유체(피전열유체 또는 전열유체)의 유동을 위한 제 2유입관(7a)과 제 2배출관(7b)이 각각 연결 설치되며, 상기 전방커버(7)의 내측에는 제 2유입관(7a)과 연결되는 유입챔버(5a)와 제 2배출관(7b)과 연결되는 배출챔버(5b)가 격판(6c)에 의하여 구획되어 있고, 상기 후방측 튜브지지판(6a)의 후방면에는 제 2유입관(7a)과 연통되는 전열튜브(6)를 거쳐 유입된 제 2유체를 제 2배출관(7b)과 연통되는 전열튜브(6)측으로 유도하기 위한 선회챔버(5c)를 제 공하도록 후방커버(8)가 연결 설치되어 있다.

[0006] 위에서 설명되어진 다관식 열교환기(1)는 제 2유체의 유동경로를 지그재그식으로 조성시킬 수 있도록 한 것이고, 필요에 따라서는 상기 전방커버(7) 및 후방커버(8)가 열교환케이싱(2)의 전방플레이트(3)와 후방플레이트(4)를 거쳐 외부로 각각 노출되도록 한 다음, 상기 제 2유입관(7a)을 전방커버(7)와 연결시키고, 상기 제 2배출관(7b)을 후방커버(8)와 연결시킴으로서, 제 2유체의 유동경로가 직선형이 되도록 하는 방식도 가능하며, 이 경우 상기 전방커버(7)의 내부공간을 유입챔버(5a)와 배출챔버(5b)로 구획하는 격판(6c)은 설치되지 아니한다.

[0007] 상기와 같은 구성으로 이루어지는 다관식 열교환기(1)를 장기간 동안 사용할 시, 전열튜브(6)의 부식에 따른 균열이나 천공(穿孔) 등에 의하여 전열튜브(6)로부터 유체의 누설이 발생할 소지가 있으며, 이러한 누설현상은 전열유체와 피전열유체간의 혼입을 야기하여 열교환 성능을 저하시킬 뿐만 아니라, 열교환기와 함께 사용되는 다른 설비나 장치가 이종 유체의 혼입으로 말미암아 고장이나 오작동을 일으키는 주된 요인이 되므로, 전열튜브

(6)의 누설여부를 주기적으로 점검하여 열교환기 및 관련 설비나 장치의 안전한 가동을 보장하는 것이 필요하다.

[0008] 상기와 같이 다관식 열교환기(1)의 전열튜브(6) 누설검사를 수행하기 위하여 기존에 사용되었던 대표적인 방법으로는, 열교환케이싱(2)의 전,후방플레이트(3) (4)와 튜브번들(5)의 전,후방커버(7)(8)를 모두 분리하여 전열튜브(6)의 입구와 출구를 개방시켜 놓은 다음, 해당 입구와 출구를 마개 등으로 밀봉시킨 상태에서 전열튜브(6)의 내부로 누설테스트용 유체(기체 또는 액체)를 주입하여 그 압력을 측정하는 방식이 되며, 누설테스트용 유체의 주입압력이 일정한 수준을 유지하지 못하고 떨어질 경우 해당 전열튜브(6)에 균열이나 천공 등의 누설요인이 발생하였다고 판단하게 된다.

[0009] 그러나, 상기와 같은 기존의 방식으로 전열튜브(6)의 누설검사를 수행하게 되면, 열교환기를 이루는 전,후방측 커버구조물을 모두 분리시켜야 함에 따라 전열튜브(6)의 누설검사를 위한 열교환기의 분리 및 재조립 작업이 매우 까다롭게 되는 문제점이 있었고, 누설검사가 요구되는 전열튜브(6)의 입,출구 밀폐작업 역시 비교적 많은 개수의 전열튜브(6)로 말미암아 작업자에게 상당한 혼선을 유발시키는 문제점이 있었으며, 이로 인하여 전열튜브(6)의 누설검사시 불필요하게 많은 인력(최소 2명)과 시간이 소요됨에 따라 사용자들에게 적지 않은 경제적 부담을 안겨주는 문제점이 있었다.

[0010] 다른 한편으로, 도 1의 다관식 열교환기(1)에 있어 격판(6c)을 사이에 두고 상,하로 대응되는 2개의 전열튜브(6) 후단부를 유밴드로 연결시켜 각각의 전열튜브(6)가 "ㄱ"자 형태를 이루도록 한 유튜브형 열교환기의 경우는, 해당 전열튜브(유튜브)의 입구와 출구가 모두 전방측을 향하게 되므로 튜브번들(5)의 전방커버(7)만을 분리시킨 상태에서 앞서 설명되어진 방식으로 전열튜브의 누설검사를 수행할 수는 있으나, 이러한 방식으로 상,하 2개의 직선형 튜브와 각각의 직선형 튜브 후단부를 연결하는 유밴드 중 어느 위치에서 누설이 발생하는지의 여부를 정확히 판단할 수 없는 문제점이 있었다.

[0011] 이로 인하여, 상기 유튜브형 열교환기의 경우에도 전열튜브(유튜브)의 누설위치를 최종적으로 확인하기 위해서는 튜브번들(5) 자체를 열교환케이싱(2)으로부터 분리시켜야 함으로서, 전열튜브의 누설검사를 위한 열교환기의 분리와 재조립 작업이 매우 번거롭고 까다롭게 되는 것은 다관식 열교환기(1)와 크게 차이가 없었으며, 유밴드 부위에 누설이 발생한 경우 튜브번들(5) 자체를 빼내지 않고 후방측 커버구조물만을 분리하여 해당 누설부위에 대한 수리나 유지보수를 손쉽게 간단하게 수행할 수 있음에도 불구하고, 이를 합리적으로 판단할 수 있는 검사기구 역시 제공되지 못한 실정이었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 실용신안등록 제 20-0482711호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 누설테스트용 유체의 유출공이 형성된 내,외부파이프의 이중관 구조로 하여 전열튜브의 내부로 삽입되는 인서트파이프를 구성하고, 상기 인서트파이프의 선단측과 후단측에는 누설테스트용 유체의 도입을 위한 헤드파이프와 마개용 엔드캡을 각각 연결 설치하며, 상기 헤드파이프의 후방면과 엔드캡의 전방면을 내부파이프로 연결시키고, 헤드파이프의 후방측과 엔드캡의 전방측은 소정의 폭만큼 외부파이프의 양측단 내부로 삽입시키며, 상기 헤드파이프와 엔드캡의 외주면에는 외부파이프의 양측단과 접촉되는 밀폐링을 각각 설치하고, 상기 헤드파이프의 외주연부에 걸쳐 볼트부를 형성시키는 한편, 해당 볼트부에는 각각의 밀폐링을 외부파이프와 함께 엔드캡측으로 밀어내는 클램핑너트를 설치함으로써, 상기 클램핑너트의 체결력에 의하여 각각의 밀폐링이 외부파이프로부터 돌출되어 전열튜브의 내주면과 밀착되게 하는 방식으로 누설테스트용 공간을 일차적으로 밀폐시킨 다음, 상기 헤드파이프로부터 내,외부파이프의 유출공을 거쳐 전열튜브의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킴에 따라 해당 전열튜브의 누설여부를 압력게이지로 확인할 수 있도록 하며, 이를 통하여 열교환기의 일측 커버구조물만을 분해시키더라도 전열튜브의 누설검사가 가능하도록 함은 물론, 유튜브형 열교환기의 경우에도 기존의 검사방식으로 누설이 일차 확인된 전열튜브(유튜브)를 이루는 2개의 직선형 튜브마다 상기 인서트파이프를 각각 삽입시켜 2개의 직선형 튜브와 이를 연결하는 유밴드

중 어느 위치에서 누설이 발생하는지의 여부까지 합리적으로 판단할 수 있는 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터를 제공하는 것이 그 주된 기술적 과제이다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명의 전열튜브 리크테스터는, 누설테스트용 유체의 도입을 위한 헤드파이프와, 상기 헤드파이프의 후단부에 연결 설치된 상태로 전열튜브의 내부로 삽입되는 인서트파이프와, 상기 인서트파이프의 후단부를 커버하는 엔드캡과, 상기 헤드파이프의 외주면에 형성된 볼트부를 따라 전,후 방향으로 이동 가능하게 체결 설치되는 클램핑너트와, 상기 인서트파이프의 양측단부에 해당하는 위치에서 헤드파이프와 엔드캡의 외주연부상에 각각 설치되는 탄성소재로서의 밀폐링을 포함하여서 이루어지며, 상기 인서트파이프는 내부파이프와 외부파이프가 포함된 이중관 구조가 되고, 상기 헤드파이프의 후방면과 엔드캡의 전방면이 내부파이프에 의하여 연결 설치되는 한편, 상기 헤드파이프의 후방측과 엔드캡의 전방측이 소정의 폭만큼 외부파이프의 양측단부 내측으로 각각 삽입 설치되며, 상기 내부파이프와 외부파이프에는 누설테스트용 유체의 유출공이 각각 형성되고, 상기 밀폐링은 외부파이프의 선단측과 후단측에 해당하는 위치에서 헤드파이프와 엔드캡의 외주연부상에 각각 설치되며, 상기 클램핑너트와 전방측 밀폐링의 사이에는 헤드파이프의 외주면과 접촉되는 슬리브형 스페이서가 설치되고, 상기 엔드캡의 후단부에는 후방측 밀폐링의 지지를 위한 플랜지부가 형성되며, 상기 각각의 밀폐링은 클램핑너트의 체결력에 의한 압착작용으로 소정의 폭만큼 외부파이프로부터 돌출되어 전열튜브의 내주면과 밀착됨에 따라 누설테스트용 공간을 밀폐시키는 기능을 수행하는 것임을 특징으로 한다.

[0015] 보다 더 바람직한 실시예로서, 상기 헤드파이프의 선단 입구측에는 밸브기구와 압력게이지가 순차적으로 연결 설치되는 것을 특징으로 하며, 상기 외부파이프의 선단측과 후단측에는 내부파이프와 외부파이프 사이의 여유간격 확보를 위한 스커트튜브가 제공되고, 상기 각각의 스커트튜브는 용접식 또는 나사체결식으로 외부파이프와 연결 설치되며, 상기 헤드파이프의 후방측과 엔드캡의 전방측은 해당 스커트튜브의 내측을 따라 소정의 폭만큼 삽입 설치되고, 상기 밀폐링은 헤드파이프의 스페이서와 전방측 스커트튜브의 사이 및 후방측 스커트튜브와 엔드캡의 플랜지부 사이에 각각 설치되는 것을 특징으로 하며, 상기 스페이서와 전방측 밀폐링의 사이에는 해당 밀폐링의 시트 기능을 수행하는 팩킹슬리브가 설치되고, 상기 스페이서와 팩킹슬리브의 사이에는 보조밀폐링이 개재되는 것을 특징으로 하며, 상기 헤드파이프의 후방면과 엔드캡의 전방면은 내부파이프의 양측단부와 나사체결식으로 조립 및 연결 설치되는 것을 특징으로 하고, 상기 내부파이프와 외부파이프는 나사체결식으로 분해 조립이 가능한 최소 2개 이상의 파이프유닛이 길이 방향으로 연결 설치된 것임을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0016] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 전열튜브의 입구를 통하여 인서트파이프를 삽입시켜 놓은 상태에서, 헤드파이프의 클램핑너트로 인서트파이프 양측단의 밀폐링을 압착 및 돌출시켜 각각의 밀폐링 외주연부가 전열튜브의 내주면과 밀착되게 하는 방식으로 누설테스트용 공간을 일차적으로 밀폐시킨 다음, 헤드파이프로부터 내,외부파이프의 유출공을 거쳐 전열튜브의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킴에 따라 해당 전열튜브의 누설여부를 헤드파이프와 연계된 압력게이지로 확인할 수 있도록 함으로서, 다관식 열교환기의 일측 커버구조물만을 분해시키더라도 전열튜브의 누설검사가 가능한 효과를 제공하며, 이를 통하여 전열튜브의 누설검사에 소요되는 인력과 시간을 최소화시킬 수 있는 효과를 제공한다.

[0017] 다른 한편으로, 상기 유튜브형 열교환기의 경우에도 기존의 검사방식으로 누설이 일차 확인된 전열튜브(유튜브)를 이루는 2개의 직선형 튜브마다 상기 인서트파이프를 각각 삽입시켜 2개의 직선형 튜브에 대한 누설검사를 수행함으로써, 각각의 직선형 튜브에 대한 누설이 확인되지 아니한 경우 해당 전열튜브(유튜브)의 누설부위가 유밴드 부분이 됨을 합리적으로 판단할 수 있는 효과를 제공하며, 이를 통하여 튜브번들 자체를 열교환케이싱으로부터 빼내지 않고 열교환케이싱의 후방측 커버구조물만을 분리하여 유밴드의 누설부위에 대한 수리나 유지보수를 손쉽게 간단하게 수행할 수 있는 효과를 제공한다.

[0018] 이와 더불어, 상기 외부파이프의 양측단부에 스커트튜브(Skirt tube: 가장자리용 마감튜브)를 적용시킨 경우에는, 인서트파이프의 제작시 누설테스트용 유체의 원활한 주입에 필요한 내부파이프와 외부파이프 사이의 여유간격을 보다 더 손쉽게 확보할 수 있는 효과를 제공함은 물론이고, 외부파이프의 두께를 최대한으로 얇게 하여 리크테스터 자체의 경량화에도 크게 기여할 수 있는 효과를 제공하는 동시에, 각각의 스커트튜브가 완충부재의 기능을 병행토록 함으로서 클램핑너트에 과도한 체결력이 가해지더라도 밀폐링의 손상은 거의 발생하지 않도록 하는 효과를 추가로 제공할 수 있다.



[0019] 특히, 상기 헤드파이프와 엔드캡을 내부파이프의 양측단부와 나사체결식으로 조립 설치하고, 상기 각각의 스커트튜브 역시 외부파이프의 양측단부와 나사체결식으로 조립 설치하는 한편, 상기 내부파이프와 외부파이프를 나사체결식으로 분해 및 조립이 가능한 다수 개의 파이프유닛으로 분할시킨 경우에는, 전열튜브의 길이에 거의 구애를 받지 않고 리크테스터용 인서트파이프의 길이를 전열튜브의 길이에 맞추어 현장에서 손쉽게 교체 또는 조정시킬 수 있는 효과를 제공하며, 이를 통하여 본 발명에 따른 전열튜브 리크테스터의 적용범위와 호환성(互換性)을 한층 더 극대화시킬 수 있는 등의 매우 유용한 효과를 제공하는 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 다관식 열교환기의 개략적인 구조를 나타내는 측단면도.  
 도 2는 본 발명에 따른 원커버 오픈식 전열튜브 리크테스터의 측면도.  
 도 3은 본 발명의 리크테스터를 전열튜브의 내부로 삽입시킨 상태의 측단면도.  
 도 4는 도 3의 요부 확대 측단면도.  
 도 5는 본 발명의 리크테스터를 이용한 전열튜브의 밀폐상태를 나타내는 요부 확대 측단면도.  
 도 6은 본 발명의 다른 실시예를 나타내는 요부 확대 측단면도.  
 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예를 나타내는 측면도.  
 도 8은 도 7의 요부 발체 측단면도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0022] 본 발명에 따른 전열튜브 리크테스터는 도 2 내지 도 4에 걸쳐 도시된 바와 같이, 누설테스트용 유체의 도입을 위한 헤드파이프(Head pipe)(11)와, 상기 헤드파이프(11)의 후단부에 연결 설치된 상태로 전열튜브(6)의 내부로 삽입되는 인서트파이프(Insert pipe)(15)와, 상기 인서트파이프(15)의 후단부를 커버하는 엔드캡(End cap)(12)과, 상기 헤드파이프(11)의 외주면에 형성된 볼트부(11a)를 따라 전, 후 방향으로 이동 가능하게 체결 설치되는 클램핑너트(Clamping nut)(18)와, 상기 인서트파이프(15)의 양측단부에 해당하는 위치에서 헤드파이프(11)와 엔드캡(12)의 외주연부상에 각각 설치되는 탄성소재로서의 밀폐링(19)을 포함하여서 이루어지며, 상기 헤드파이프(11)의 선단 입구측에는 밸브기구(13)와 압력게이지(14)가 순차적으로 연결 설치되어 있다.

[0023] 상기 밸브기구(13)는 전열튜브(6)의 내부공간에 걸쳐 누설테스트용 유체의 가압식 주입작업을 수행할 수 있도록 설치되는 것으로서, 압축공기와 같은 기체를 누설테스트용 유체로 사용하는 경우는 해당 기체를 소정의 압력으로 전열튜브(6)의 내부로 주입시킨 다음, 상기 밸브기구(13)를 폐쇄시킨 상태에서 전열튜브(6)의 누설여부, 즉 주입된 기체의 압력이 저하되는지의 여부를 압력게이지(14)로 확인할 수 있도록 기밀(氣密) 성능이 우수한 볼밸브를 사용하는 것이 바람직하다.

[0024] 이와는 달리, 청수(淸水)와 같은 액체를 누설테스트용 유체로 사용하는 경우는 상기 밸브기구(13)를 지속적으로 개방시켜 놓은 상태에서 전열튜브(6)의 내부공간으로 해당 액체를 일정한 압력으로 주입시키는 한편, 전열튜브(6)의 누설여부, 즉 해당 액체의 주입압력이 점차적으로 상승되지 아니하는지의 여부를 압력게이지(14)로 확인하는 방식이 적용되므로 밸브기구(13) 자체의 종류에는 크게 제한을 두지 아니하며, 상기 압력게이지(14)는 아날로그 방식이나 디지털 방식 또는 이들을 병용한 방식 중 어떠한 방식의 제품을 사용하더라도 무방하다.

[0025] 따라서, 상기 밸브기구(13)의 선단(도면상 좌측단) 입구에 누설테스트용 유체의 주입을 위한 가압배관(9)이 연결 설치될 것이고, 상기 밸브기구(13)의 선단 입구측과 가압배관(9)의 후단 출구측에 배관연결용 파이프조인트(Pipe joint)(9a)가 각각 제공될 것이며, 상기 가압배관(9)은 금속배관이 될 수도 있고, 유연한 재질의 고압호스가 사용될 수도 있으며, 상기 압력게이지(14)는 "T"자형 이음관(14a)을 이용하여 밸브기구(13)의 출구와 헤드파이프(11)의 입구 사이에 설치하는 것이 바람직하다.

[0026] 이와 더불어, 상기 헤드파이프(11)의 볼트부(11a)는 헤드파이프(11)의 전방측과 후방측을 제외한 나머지 몸통부분에 걸쳐 형성시킴으로서, 헤드파이프(11)의 전방측 몸통 부분과 후방측 몸통 부분이 압력게이지(14)와 인서트파이프(15)의 연결부위를 각각 제공토록 하는 것이 바람직하고, 상기 밸브기구(13)와 압력게이지(14)를 가압배관(9)상에 설치할 수도 있는 바, 이 경우에는 헤드파이프(11)의 선단측 입구에 가압배관(9)의 연결을 위한 파

이프조인트(9a)가 제공될 것이다.

- [0027] 상기 인서트파이프(15)는 도 3 및 도 4에 보다 명확하게 도시된 바와 같이, 전열튜브(6)와 유사한 길이를 가지는 내부파이프(16)와 외부파이프(17)가 소정의 간격을 두고 동심원상으로 배치된 이중관 구조가 되며, 상기 헤드파이프(11)의 후방면과 엔드캡(12)의 전방면이 내부파이프(16)의 양측단부와 연결 설치되고, 상기 헤드파이프(11)의 후방측과 엔드캡(12)의 전방측이 소정의 폭만큼 외부파이프(17)의 양측단부 내측으로 각각 삽입 설치되며, 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)에는 누설테스트용 유체의 유출공(16a)(17a)이 각각 형성되고, 상기 밀폐링(19)은 외부파이프(17)의 선단측과 후단측에 해당하는 위치에서 헤드파이프(11)와 엔드캡(12)의 외주연부에 각각 설치되어 있다.
- [0028] 그리고, 상기 클램핑너트(18)와 전방측 밀폐링(19)의 사이에는 헤드파이프(11)의 외주면과 접촉되는 슬리브(Sleeve)형 스페이서(18a)가 설치되고, 상기 엔드캡(12)의 후단부에는 후방측 밀폐링(19)의 지지를 위한 플랜지부(12a)가 형성되는 바, 이에 따라 도 5에서와 같이 상기 클램핑너트(18)를 나사식으로 회전시켜 클램핑너트(18)를 스페이서(18a)와 함께 후방측(도면상 우측)으로 이동시키게 되면, 전방측 밀폐링(19)과 외부파이프(17) 및 후방측 밀폐링(19)이 엔드캡(12)의 플랜지부(12a)측으로 밀려나면서 각각의 밀폐링(19)이 가압 및 압착되는 것이다.
- [0029] 상기와 같이 각각의 밀폐링(19)이 클램핑너트(18)의 체결력(조임력)으로 가압 및 압착되어 소정의 폭만큼 외부파이프(17)로부터 돌출됨에 따라, 각각의 밀폐링(19) 외주연부가 전열튜브(6)의 내주면과 견고하게 밀착되어 누설테스트용 공간, 즉 전열튜브(6)의 전체 길이에 걸친 내부공간을 밀폐시킬 수 있는 것이며, 상기 스페이서(18a)는 이러한 누설테스트용 공간의 밀폐작업시 클램핑너트(18)가 전열튜브(6)의 선단측과 접촉되지 않도록 하여 해당 작업에 필요한 클램핑너트(18)의 조임폭을 최대한으로 확보하는 한편, 클램핑너트(18)와 함께 회전되지 않고 헤드파이프(11)를 따라 후방측으로 밀려나도록 하여 회전마찰에 의한 전방측 밀폐링(19)의 손상을 미연에 방지하는 기능을 수행하는 것이다.
- [0030] 상기와 같이 클램핑너트(18)의 직후방에 전열튜브(6)의 내측으로 삽입이 가능한 슬리브형 스페이서(18a)를 배치함으로써, 클램핑너트(18)에 의한 밀폐링(19)의 가압력 및 이를 기초로 한 누설테스트용 공간의 기밀성능과 전방측 밀폐링(19)의 보호기능을 충분히 확보할 수 있는 것이며, 클램핑너트(18)의 체결시 전방측 밀폐링(19)과 외부파이프(17) 및 후방측 밀폐링(19)이 엔드캡(12)의 플랜지부(12a)측으로 부드럽게 밀려날 수 있도록, 헤드파이프(11)의 후방측 외주면과 엔드캡(12)의 전방측 외주면은 매끈한 표면의 슬라이드면(11b)(12b)을 제공토록 하는 것이 바람직하고, 각각의 슬라이드면(11b)(12b)이 외부파이프(17)의 양측단부 내주면과 접촉되는 것이다.
- [0031] 상기와 같이 클램핑너트(18)와 각각의 밀폐링(19)을 이용한 누설테스트용 공간의 밀폐작업을 밀폐링(19)의 이탈 없이 신속하고 정확하게 수행토록 하면서도 인서트파이프(15)를 전열튜브(6)의 내부로 삽입시키는 작업에는 지장을 초래하지 않도록, 클램핑너트(18)에 의한 압착 이전에 각각의 밀폐링(19) 외주면이 전열튜브(6)의 내주면과 이격되는 간격은 1mm 정도가 바람직하고, 상기 외부파이프(17)의 두께는 밀폐링(19) 두께의 1/2 내지 2/3 정도로 하여 각각의 밀폐링(19)이 안정적으로 지지되도록 함과 동시에, 클램핑너트(18)의 체결시 각각의 밀폐링(19) 외주연부가 전열튜브(6)의 내주연부측을 향하여 용이하게 돌출 및 밀착되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0032] 또한, 상기 밀폐링(19)은 고무나 테플론 등의 탄성소재를 대표적인 예로 들 수 있으나, 클램핑너트(18)의 체결력에 의한 변형성 및 이에 따른 전열튜브(6)의 밀봉성이 우수하면서도 클램핑너트(18)의 과도한 체결시에도 손상이 쉽게 유발되지 아니하는 것이라면 어떠한 재료의 탄성소재가 사용되더라도 무방하며, 클램핑너트(18)와 밀폐링(19)을 이용한 누설테스트용 공간의 밀봉작업을 보다 더 확실하게 수행할 목적으로 상기 밀폐링(19)을 외부파이프(17)의 양측단부마다 각각 2개씩 설치하여 놓을 수도 있음을 밝혀두는 바이다.
- [0033] 보다 더 바람직한 실시예로서, 상기 외부파이프(17)의 양측단부에 가장자리용 마감재의 기능을 수행하는 스커트튜브(Skirt tube)(17b)를 연결 설치하고, 상기 스페이서(18a)와 전방측 밀폐링(19)의 사이에는 해당 밀폐링(19)의 시트(Seat) 기능을 수행하는 팩킹슬리브(Packing sleeve)(19a)를 설치하며, 상기 헤드파이프(11)의 후방측과 엔드캡(12)의 전방측은 해당 스커트튜브(17b)의 내측을 따라 소정의 폭만큼 삽입 설치하고, 상기 밀폐링(19)은 팩킹슬리브(19a)와 전방측 스커트튜브(17b)의 사이 및 후방측 스커트튜브(17b)와 엔드캡(12)의 플랜지부(12a) 사이에 각각 위치되도록 하는 것이며, 상기 스페이서(18a)와 팩킹슬리브(19a)의 사이에는 기밀유지를 위한 보조밀폐링(18b)이 추가로 설치된다.
- [0034] 상기 스커트튜브(17b)는 클램핑너트(18)의 과도한 체결시에도 밀폐링(19)의 손상이 쉽게 유발되지 않도록 하는 기본적인 기능과 더불어, 내부파이프(16)와 외부파이프(17)의 사이에 누설테스트용 유체의 주입에 필요한 여유

간격을 보다 더 손쉽게 확보할 수 있도록 하는 기능과, 앞서 설명되어진 외부파이프(17)의 두께(밀폐링 두께의 1/2 내지 2/3)를 보다 더 얇게 하더라도 밀폐링(19)의 안정적인 지지가 가능토록 하는 기능을 제공하는 것이고, 상기 팩킹슬리브(19a)는 클램핑너트(18)의 체결력이 가장 먼저 전달되는 전방측 밀폐링(19)을 해당 위치의 스커트튜브(17b)와 함께 보다 더 안전하게 보호하는 기능을 수행하는 것이다.

[0035] 다시 말해서, 외부파이프(17)의 양측단에 스커트튜브(17b)를 설치하지 않을 경우에는, 내부파이프(16)와 외부파이프(17)의 사이에 누설테스트용 유체의 원활한 주입을 위한 여유간격을 확보할 수 있도록, 헤드파이프(11)의 후단부와 엔드캡(12)의 선단부에 내부파이프(16)의 조립부위를 단턱의 형태로 하여 내측으로 단지게 형성시키는 가공상의 번거로움이 발생한다는 것이며, 외부파이프(17)의 전체적인 두께를 밀폐링(19) 두께의 1/2 내지 2/3로 하는 것보다는 스커트튜브(17b)만을 해당 두께로 제작하고 외부파이프(17)는 이보다 더 얇은 두께로 제작하는 것이 리크테스터(10)의 경량화 측면에 유리하다는 것이다.

[0036] 상기 각각의 스커트튜브(17b)는 그 외주면이 외부파이프(17)의 외주면과 동일면상에 놓이도록 외부파이프(17)의 양측단부와 연결시키는 것이 바람직하고, 이를 통하여 인서트파이프(15)의 제작과 동시에 내부파이프(16)와 외부파이프(17)의 사이에 스커트튜브(17b)의 잔여 두께에 해당하는 여유간격이 자동적으로 확보될 수 있으며, 상기 팩킹슬리브(19a)의 경우는 앞서 설명되어진 스페이스(18a)와 동일한 기능을 수행함과 아울러, 전방측 밀폐링(19)이 헤드파이프(11)의 볼트부(11a)와 불필요하게 접촉 또는 마찰되는 상황을 차단시킴으로서 해당 밀폐링(19)을 보다 더 안전하게 보호하는 기능을 추가로 수행하는 것이다.

[0037] 필요에 따라서는 클램핑너트(18)와 스페이스(18a) 또는 스페이스(18a)와 팩킹슬리브(19a) 또는 클램핑너트(18)와 스페이스(18a) 및 팩킹슬리브(19a)를 하나의 부품으로 일체화시켜 사용하는 것도 가능하지만, 이러한 경우는 앞서 설명되어진 바와 같이 전방측 밀폐링(19)이 스페이스(18a) 또는 팩킹슬리브(19a)와의 회전마찰에 의하여 손상될 우려가 있으므로 가급적 도면에서와 같이 별도의 부품으로 제작하여 사용하는 것이 바람직하며, 상기 스커트튜브(17b)와 팩킹슬리브(19a)는 본 발명에 따른 리크테스터(10)에 반드시 적용되어야 할 구성요소라기 보다는 하나의 선택사항에 해당하는 것으로 해석하면 무방하다.

[0038] 상기와 같이 클램핑너트(18)와 각각의 밀폐링(19)을 이용하여 전열튜브(6) 내부의 누설테스트용 공간을 일차적으로 밀폐시킨 이후에는, 헤드파이프(11)로부터 내,외부파이프(16)(17)의 유출공(16a)(17a)을 거쳐 전열튜브(6)의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킴으로서, 해당 유체의 주입압력을 기준으로 하여 전열튜브(6)로부터 유체의 누설이 발생하느냐의 여부를 압력게이지(14)로 확인하는 것이며, 압력게이지(14)에 표시된 유체의 주입압력이 점차적으로 저하되거나 일정 수준 이상의 주입압력을 유지하지 못할 경우, 해당 전열튜브(6)에 균열이나 천공 등의 누설요인이 발생한 것으로 판단하게 되는 것이다.

[0039] 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)에 각각 형성되는 유출공(16a)(17a)의 개수와 위치 및 직경 등은 누설테스트용 유체의 종류(기체 또는 액체)에 맞추어 사용자가 임의대로 선택하여 적용시킬 수 있는 사항이며, 대표적인 적용례를 들자면, 누설테스트용 유체로서 압축공기를 사용하는 경우는 1mm 내외의 직경을 가지는 유출공(16a)(17a)을 형성시키고, 누설테스트용 유체로서 청수를 사용하는 경우는 2mm 내외의 직경을 가지는 유출공(16a)(17a)을 형성시키되, 헤드파이프(11)로부터 도입되는 유체의 유량과 각각의 유출공(16a)(17a)을 거쳐 전열튜브(6)의 내부공간으로 배출되는 유체의 유량이 유사한 수준이 되도록 유출공(16a)(17a)의 개수를 맞추는 것이다.

[0040] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전열튜브 리크테스터(10)는 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 헤드파이프(11)의 후방면과 엔드캡(12)의 전방면을 내부파이프(16)의 양측단부와 나사체결식으로 조립 및 연결 설치하고, 상기 각각의 스커트튜브(17b) 역시 마찬가지로 외부파이프(17)의 양측단부와 나사체결식으로 조립 및 연결 설치한 것이며, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전열튜브 리크테스터(10)는 도 7 및 도 8에 걸쳐 도시된 바와 같이, 상기 인서트파이프(15)를 이루는 내부파이프(16)와 외부파이프(17)를 나사체결식으로 분해 및 조립이 가능한 최소 2개 이상의 파이프유닛(15a)으로 분할시킨 것으로서, 그 이외의 나머지 구성은 앞서 설명되어진 일실시예와 동일하게 이루어진다.

[0041] 도 6과 도 7 및 도 8에서는 헤드파이프(11) 및 엔드캡(12)이 내부파이프(16)의 양측단부와 나사체결식으로 조립되는 부분과, 각각의 스커트튜브(17b)가 외부파이프(17)의 양측단부와 나사체결식으로 조립되는 부분과, 내,외부파이프(16)(17)를 이루는 파이프유닛(15a)간의 나사체결식 조립부위를 체결조립부로 하여 도면부호 20으로 나타내었으며, 도 8에 보다 명확하게 도시된 바와 같이, 내,외부파이프(16)(17)를 이루는 각각의 파이프유닛(15a) 중 최전방측에 위치하는 파이프유닛(15a)만이 선단부와 후단부에 걸쳐 모두 너트부가 형성된 것이고, 나머지의 파이프유닛(15a)은 선단부와 후단부에 볼트부와 너트부가 각각 형성된 것으로 도시되어 있다.

- [0042] 그러나, 상기 파이프유닛(15a)의 개수나 체결방식 역시 필요에 따라 임의대로 조정이 가능한 사항이며, 헤드파이프(11)와 엔드캡(12) 및 각각의 스커트튜브(17b)와 연결되는 파이프유닛(15a) 자체는 해당 부품과 일체로 용접시키고, 그 나머지의 파이프유닛(15a)만을 나사체결식으로 분해 및 조립이 가능하도록 설치할 수도 있으며, 각각의 파이프유닛(15a)을 모두 동일한 길이로 제작할 수도 있고, 1~2m의 길이를 가지는 메인 파이프유닛(15a)과 5~10cm의 길이를 가지는 서브 파이프유닛(15a)에 이르기까지 다양한 길이로 제작할 수도 있으며, 각각의 체결조립부(20)마다 기밀유지용 밀폐링을 추가로 개재시킬 수도 있음은 물론이다.
- [0043] 상기와 같은 구성으로 이루어지는 본 발명에 따르면, 전열튜브(6)의 입구를 통하여 인서트파이프(15)를 삽입시켜 놓은 상태에서, 헤드파이프(11)의 클램핑너트(18)로 인서트파이프(15) 양측단의 밀폐링(19)을 압착 및 돌출시켜 각각의 밀폐링(19) 외주연부가 전열튜브(6)의 내주면과 밀착되게 하는 방식으로 누설테스트용 공간을 일차적으로 밀폐시킨 다음, 헤드파이프(11)로부터 내,외부파이프(16)(17)의 유출공(16a)(17a)을 거쳐 전열튜브(6)의 내부로 누설테스트용 유체를 주입시킴에 따라 해당 전열튜브(6)의 누설여부를 헤드파이프(11)와 연계된 압력게이지(14)로 확인할 수 있도록 함으로서, 다관식 열교환기(1)의 일측 커버구조물만을 분해시키더라도 전열튜브(6)의 누설검사가 가능하며, 이를 통하여 전열튜브(6)의 누설검사에 소요되는 인력과 시간을 최소화시킬 수 있다.
- [0044] 다른 한편으로, 유튜브형 열교환기의 경우에도 기존의 검사방식으로 누설이 일차 확인된 전열튜브(유튜브)를 이루는 2개의 직선형 튜브마다 상기 인서트파이프(15)를 각각 삽입시켜 2개의 직선형 튜브에 대한 누설검사를 수행함으로서, 각각의 직선형 튜브에 대한 누설이 확인되지 아니한 경우 해당 전열튜브(유튜브)의 누설부위가 유밴드 부분이 됨을 합리적으로 판단할 수 있으며, 이를 통하여 튜브번들(5) 자체를 열교환케이싱(2)으로부터 빼내지 않고 열교환케이싱(2)의 후방측 커버구조물만을 분리하여 유밴드의 누설부위에 대한 수리나 유지보수를 손쉽게 간단하게 수행할 수 있는 것이다.
- [0045] 이와 더불어, 상기 외부파이프(17)의 양측단부에 스커트튜브(17b)를 적용시킨 경우에는, 인서트파이프(15)의 제작시 누설테스트용 유체의 원활한 주입에 필요한 내부파이프(16)와 외부파이프(17) 사이의 여유간격을 보다 더 손쉽게 확보할 수 있음은 물론이고, 외부파이프(17)의 두께를 최대한으로 얇게 하여 리크테스터(10) 자체의 경량화에도 크게 기여할 수 있는 동시에, 각각의 스커트튜브(17b)가 완충부재의 기능을 병행토록 함으로서 클램핑너트(18)에 과도한 체결력이 가해지더라도 밀폐링(19)의 손상은 거의 발생하지 않도록 할 수 있다.
- [0046] 특히, 상기 헤드파이프(11)와 엔드캡(12)을 내부파이프(16)의 양측단부와 나사체결식으로 조립 설치하고, 상기 각각의 스커트튜브(17b) 역시 외부파이프(17)의 양측단부와 나사체결식으로 조립 설치하는 한편, 상기 내부파이프(16)와 외부파이프(17)를 나사체결식으로 분해 및 조립이 가능한 다수 개의 파이프유닛(15a)으로 분할시킨 경우에는, 전열튜브(6)의 길이에 거의 구애를 받지 않고 리크테스터(10)용 인서트파이프(15)의 길이를 전열튜브(6)의 길이에 맞추어 현장에서 손쉽게 교체 또는 조정시킬 수 있으며, 이를 통하여 본 발명에 따른 전열튜브 리크테스터(10)의 적용범위와 호환성을 한층 더 극대화시킬 수 있는 것이다.
- [0047] 추가적인 사항으로서, 첨부된 도면을 기초로 한 본 발명의 설명에서는 밸브기구(13)와 압력게이지(14)가 헤드파이프(11)상에 설치된 것을 대표적인 실시예로 하였는 바, 이는 본 발명에 따른 전열튜브 리크테스터(10)를 하나의 완제품 형태로 제공하기 위한 것이며, 이와는 달리 상기 밸브기구(13)와 압력게이지(14)를 헤드파이프(11)의 선단에 연결되는 가압배관(9)상에 설치하더라도 전열튜브(6)의 누설검사를 수행하는 데에는 아무런 지장을 초래하지 아니함을 밝혀두는 바이며, 이는 밸브기구(13)와 압력게이지(14)를 헤드파이프(11)상에 적용시키는 여부와 상관없이 헤드파이프(11)와 인서트파이프(15)와 엔드캡(12) 및 클램핑너트(18)와 밀폐링(19)만으로도 본 발명이 추구하고자 하는 기술적 사상의 실질적인 구현이 가능하다는 것을 의미한다.
- [0048] 마지막으로, 본 발명의 리크테스터(10)를 이루는 구성요소 중에서 밀폐링(19)을 제외한 나머지 구성요소는 가볍고 강도와 내식성이 우수한 금속 소재, 예를 들어 스테인레스 스틸 소재 등을 사용하여 제작하는 것이 바람직하며, 필요에 따라서는 일부의 구성요소, 예를 들어 스페이서(18a)와 스커트튜브(17b)와 팩킹슬리브(19a)와 엔드캡(12)은 플라스틱 소재를 사용하여 제작할 수도 있으며, 누설테스트용 유체의 주입압력을 충분히 견딜 수 있는 조건을 만족한다면, 상기 헤드파이프(11)와 내부파이프(16) 및 외부파이프(17) 역시 플라스틱 소재로 제작하여 리크테스터(10)의 원가절감과 경량화를 도모할 수도 있음은 물론이다.

## 부호의 설명

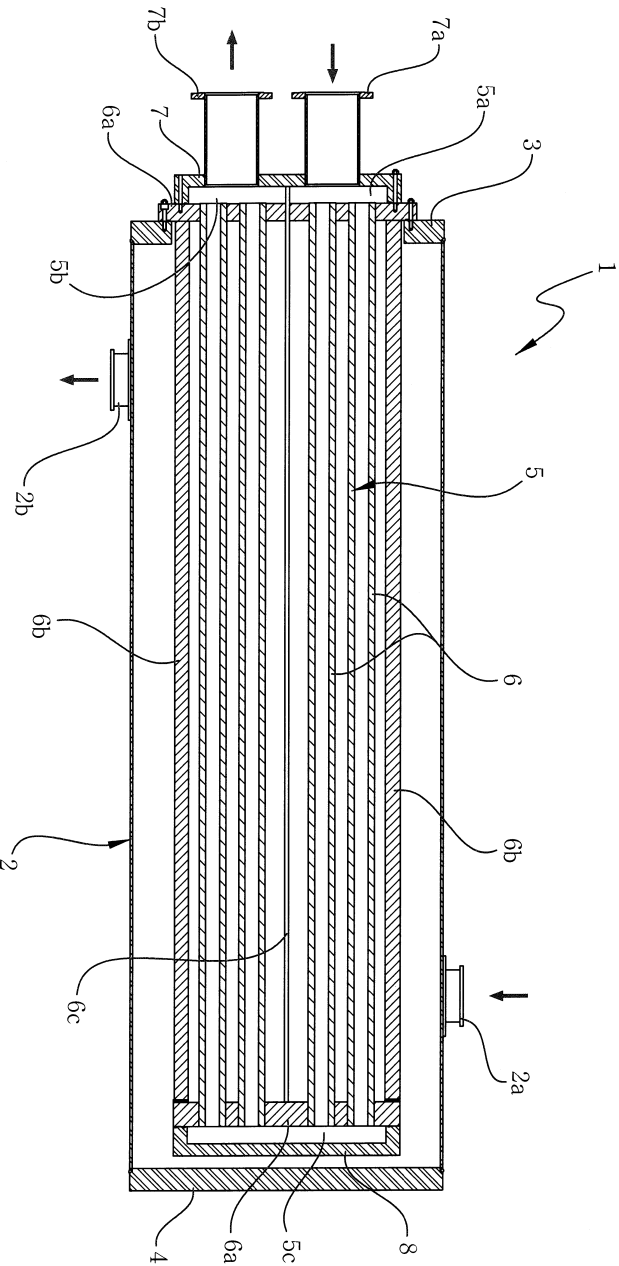
- [0049] 1 : 다관식 열교환기      2 : 열교환케이싱      2a : 제 1유입관



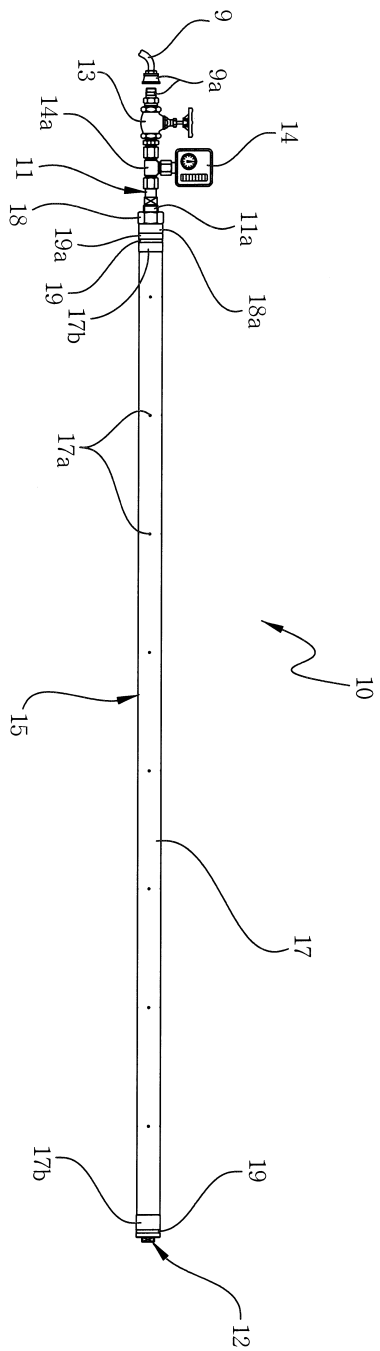
2b : 제 1배출관	3 : 전방플레이트	4 : 후방플레이트
5 : 튜브변들	5a : 유입챔버	5b : 배출챔버
5c : 선회챔버	6 : 전열튜브	6a : 튜브지지판
6b : 보강대	6c : 격판	7 : 전방커버
7a : 제 2유입관	7b : 제 2배출관	8 : 후방커버
9 : 가압배관	9a : 파이프조인트	10 : 리크테스터
11 : 헤드파이프	11a : 볼트부	11b, 12b : 슬라이드면
12 : 엔드캡	12a : 플랜지부	13 : 밸브기구
14 : 압력게이지	14a : 이음관	15 : 인서트파이프
15a : 파이프유닛	16 : 내부파이프	16a, 17a : 유출공
17 : 외부파이프	17b : 스커트튜브	18 : 클램핑너트
18a : 스페이서	18b : 보조밀폐링	19 : 밀폐링
19a : 팩킹슬리브	20 : 체결조립부	

도면

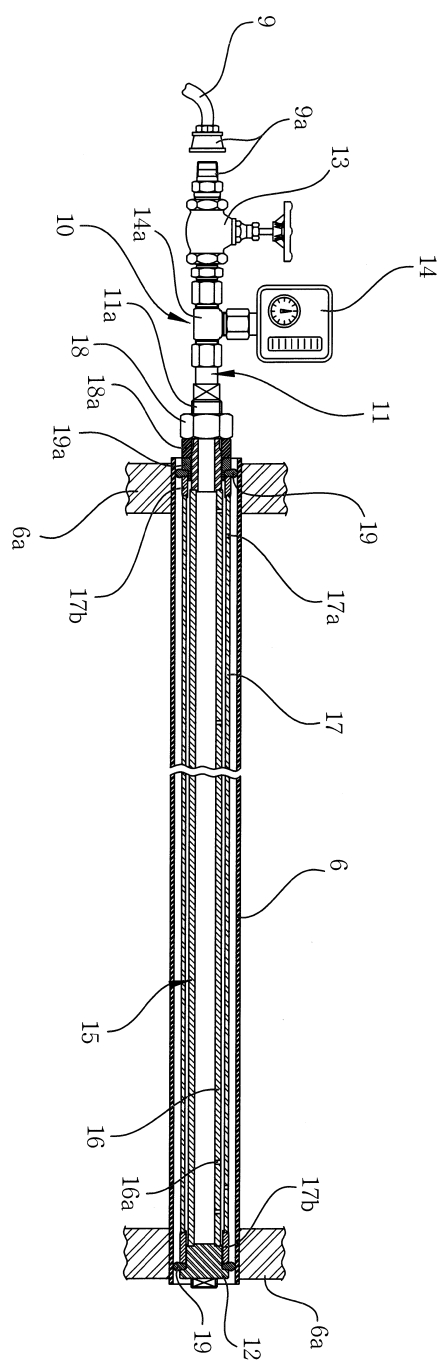
도면1



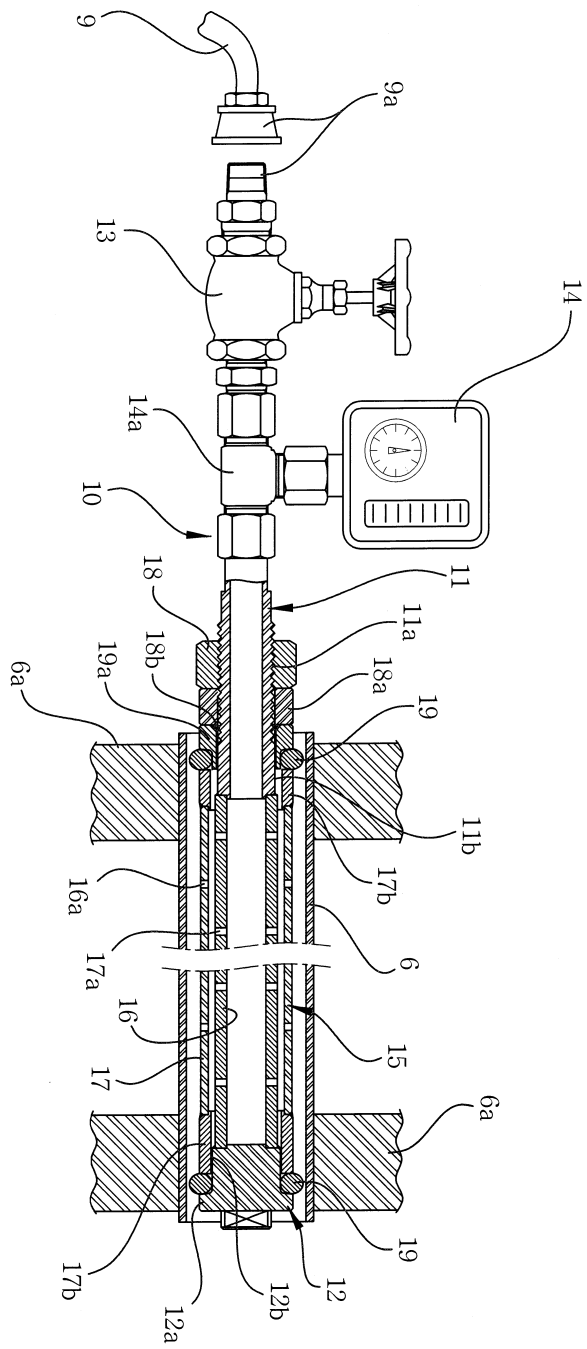
도면2



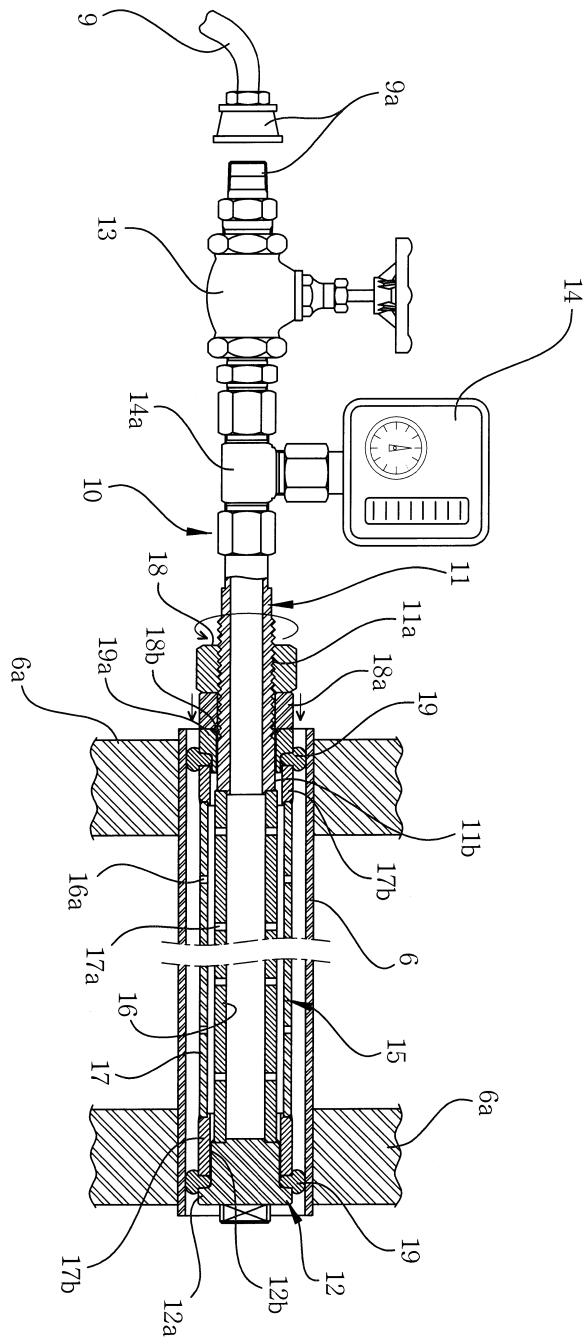
도면3



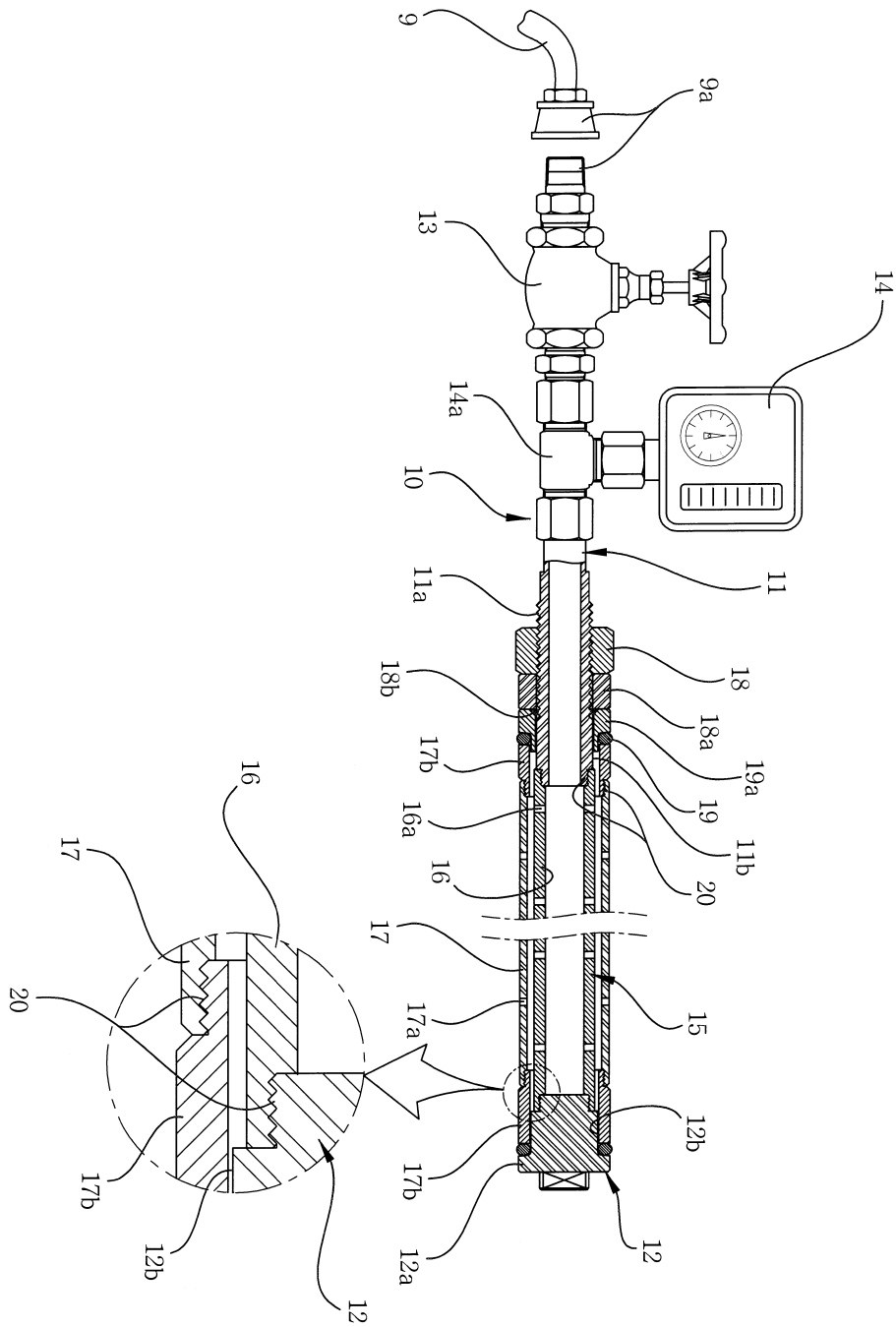
도면4



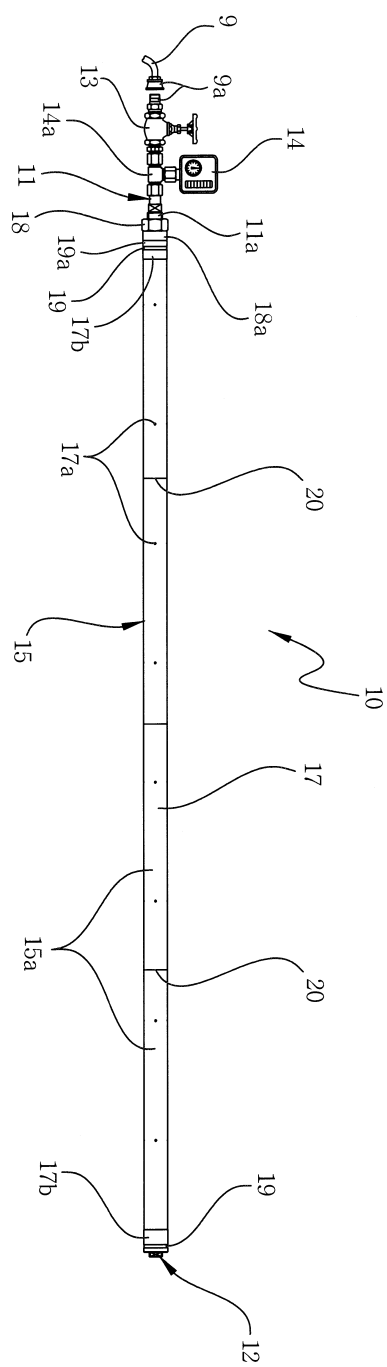
도면5



도면6

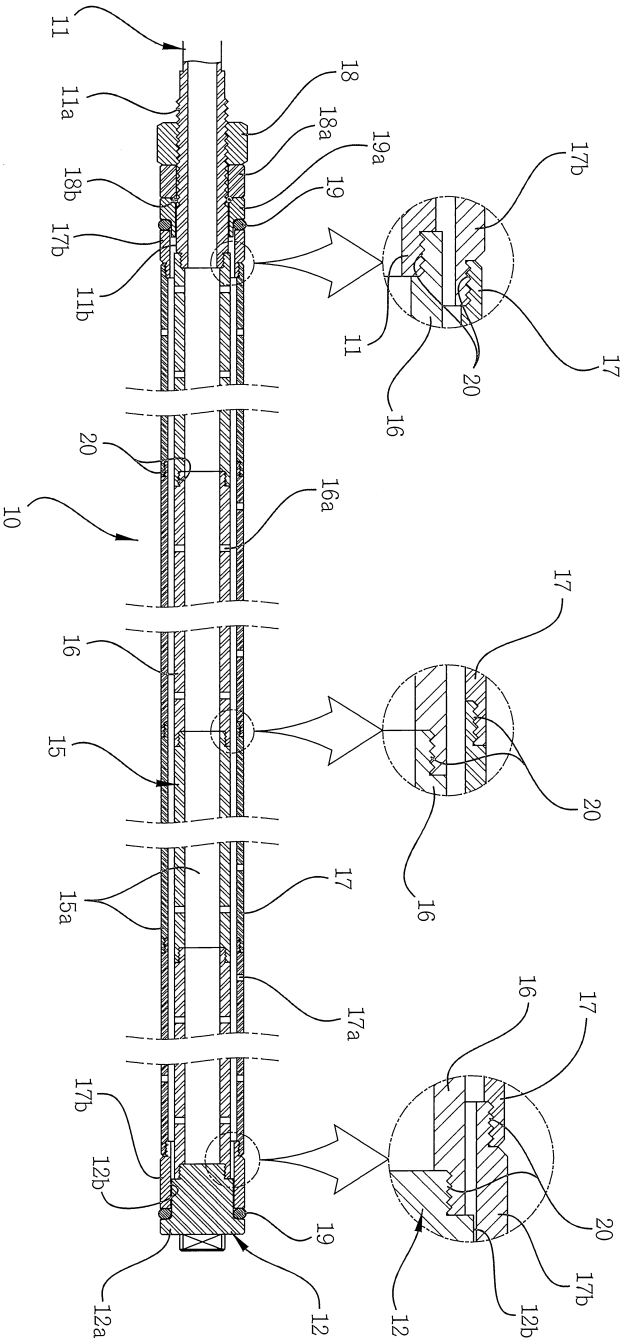


도면7





도면8





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F28F 9/22 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018116226, 28.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.04.2018

Дата регистрации:  
15.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.04.2018

(45) Опубликовано: 15.11.2018 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

620000, Свердловская обл., г. Екатеринбург,  
пр-кт Ленина, 39, 591 Шмидт Н. Г. (для  
Кушнерика С.И.)

(72) Автор(ы):

Каллус Владимир Викторович (RU),  
Каллус Светлана Ивановна (RU),  
Газизов Наиль Амирович (RU),  
Гуренко Александр Леонидович (RU),  
Сибигагулин Ринат Нажилович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Сонорз" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 979833 A1, 07.12.1982. SU  
1710979 A1, 07.02.1992. SU 832304 A1,  
23.05.1981. SU 985704 A1, 30.12.1982. RU  
2294505 C1, 27.02.2007. US 4778005 A1,  
18.10.1988.

## (54) ОБТЮРАТОР ПОПЕРЕЧНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

(57) Реферат:

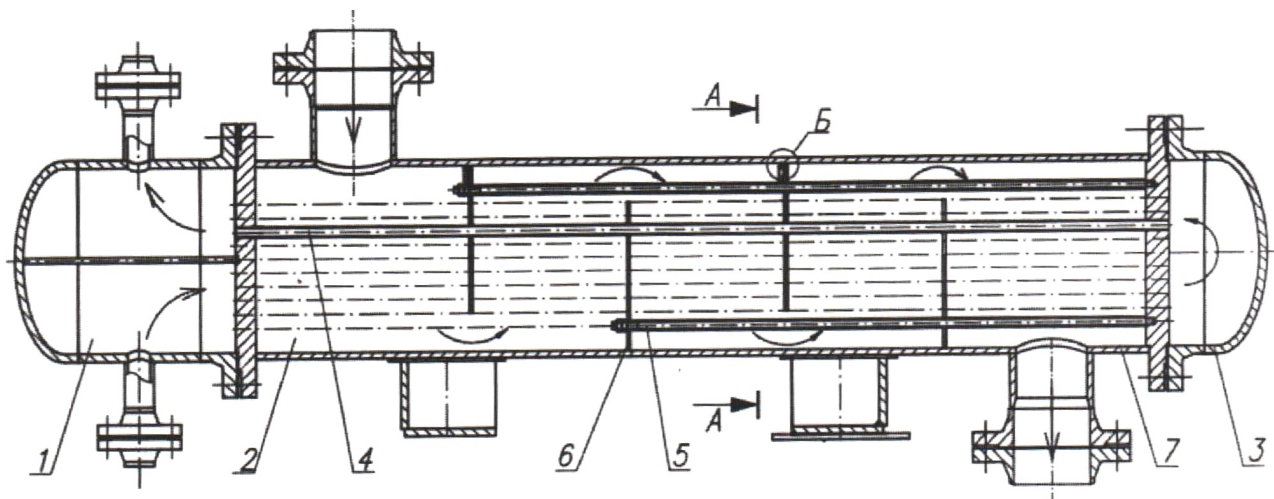
Полезная модель относится к области теплоэнергетики, а именно к конструкции кожухотрубчатых теплообменников, предназначенных для передачи тепловой энергии между жидкими и газообразными средами в энергетической, нефтяной, газовой, химической и других отраслях промышленности.

Обтюратор поперечной перегородки кожухотрубчатого теплообменника содержит гибкий уплотнительный элемент, установленный с плотным примыканием к внутренней поверхности кожуха теплообменника и к периферии боковой поверхности поперечной перегородки. Гибкий уплотнительный элемент выполнен в виде винтовой спирали, имеющей форму незамкнутого кольца и сформированной

посредством непрерывной навивки металлической проволоки. Винтовая спираль может иметь круглое или овальное поперечное сечение. Внутренняя полость винтовой спирали может быть заполнена эластичным материалом. А также наружная поверхность винтовой спирали может быть покрыта эластичным материалом.

Техническим результатом, достигаемым при реализации данной полезной модели, является обеспечение надежной и долговечной герметизации зазоров между кожухом и поперечными перегородками кожухотрубчатого теплообменника, а также обеспечение технологичности и ремонтпригодности предлагаемой конструкции. 11 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 184945 U 1



Фиг. 1

RU 184945 U 1

Обтюратор поперечной перегородки кожухотрубчатого теплообменника относится к области теплоэнергетики, а именно к конструкции кожухотрубчатых теплообменников, предназначенных для передачи тепловой энергии между жидкими и газообразными средами в энергетической, нефтяной, газовой, химической и других отраслях промышленности.

Одним из основных типов кожухотрубчатых теплообменников являются аппараты с поперечными перегородками в межтрубном пространстве. Они достаточно просты в изготовлении, надежны в эксплуатации и универсальны, так как могут быть использованы для осуществления теплообмена между жидкостями, парами, газами в любом сочетании в широком диапазоне давлений и температур. Теплообменная поверхность данных аппаратов состоит из пучка теплообменных труб, размещаемого в кожухе и формируемого за счет каркаса из продольных стяжек и поперечных перегородок. Для обеспечения собираемости трубного пучка с кожухом аппарата между кожухом и поперечными перегородками предусматриваются соответствующие диаметральный зазоры. В процессе эксплуатации данные зазоры становятся источником паразитических (байпасных) перетоков рабочей среды, когда часть потока теплоносителя или хладагента в кожухе проходит через аппарат, не соприкасаясь с теплообменными трубами и не участвуя в процессе теплообмена. Исключение подобных паразитических перетоков за счет герметизации указанных зазоров создает условия для существенного увеличения скорости и турбулизации потока, контактирующего с наружной поверхностью теплообменных труб, и формирования наиболее эффективного поперечного омывания трубного пучка, что обеспечивает значительный рост коэффициента теплоотдачи со стороны межтрубного пространства.

Известно уплотнительное устройство для поперечных перегородок кожухотрубчатого теплообменника, содержащее выполненное из эластичного материала кольцо с сечением в форме желоба, установленное по периферии перегородки и выполненное с отверстиями, соосными с отверстиями перегородки, при этом кольцо имеет утолщение со стороны внутренней поверхности кожуха и снабжено крепежными элементами, например штифтами, размещенными в отверстиях, и установлено с зазором для радиального перемещения относительно торца перегородки, диаметр отверстий которой больше диаметра отверстий кольца и равен зазору, а крепежные элементы на концах перегородки шарнирно соединены с рычагом, снабженным пазом, в котором закреплен палец-фиксатор, установленный в дополнительных отверстиях кольца и перегородки (Авторское свидетельство СССР №531994, МПК F28F 9/02, публ. 15.10.1976).

Недостатками данного известного устройства являются низкая надежность вследствие высокого риска его разрушения при сборке с кожухом и недостаточная герметичность вследствие утраты эластичным материалом своих упругих свойств при работе в области высоких температур.

Известно уплотнительное устройство для поперечных перегородок кожухотрубчатого теплообменника, содержащее упругую манжету, установленную по периметру перегородки в контакте с внутренней поверхностью кожуха, при этом манжета выполнена в виде тонкостенной обечайки, поверхность которой, обращенная к кожуху, имеет надрезы с отверстиями у оснований, причем образованные между надрезами лепестки отогнуты в сторону кожуха с образованием по периметру обечайки карманов (Авторское свидетельство СССР №832304, МПК F28F 9/22, публ. 23.05.1981).

Недостатками данного известного устройства являются низкая технологичность и ремонтпригодность, практически исключают повторное использование упругой манжеты и способные, кроме того, привести к непоправимым дефектам внутренней

поверхности кожуха аппарата.

Известна поперечная уплотняющая перегородка кожухотрубчатого теплообменного аппарата, содержащая прижимные элементы и размещенное между ними упругое уплотняющее кольцо с выступающим за пределы элементов участком, который  
5 равномерно деформирован в радиальном направлении, при этом кольцо выполнено многослойным, в каждом слое с заданным шагом по периметру кольца выполнены радиальные вырезы, смещенные в смежных слоях один относительно другого (Авторское свидетельство СССР №985704, МПК F28F 9/22, публ. 30.12.1982).

Данное уплотняющее устройство также не обладает достаточной надежностью и  
10 долговечностью как вследствие высокого риска его разрушения при сборке с кожухом, так и вследствие низкой прочности.

Прототипом настоящей полезной модели может быть известное уплотнительное устройство для поперечных перегородок кожухотрубчатого теплообменника, представляющее собой кольцо из эластичного материала с сечением в форме желоба  
15 и выполненное составным из сегментов в виде пластинчатых пружин (Авторское свидетельство СССР №979833, кл. F28F 9/02, публ. 07.12.1982).

Подобная конструкция уплотнения не обладает необходимой надежностью и долговечностью вследствие неизбежной деформации пружин в процессе сборки теплообменника и возможной утраты ими при этом своих упругих свойств. Кроме того,  
20 вынесение уплотнения на периферию поперечной перегородки в зазор между ней и кожухом аппарата неизбежно ведет к необходимости увеличения данного зазора и созданию предпосылок для существенного увеличения паразитических (байпасных) перетоков рабочей среды в случае деформации или разрушения уплотнения.

Общим недостатком перечисленных устройств является их ограниченная надежность  
25 и долговечность. В связи с низкими прочностными характеристиками упругих элементов невозможно обеспечить их сохранность при монтаже и демонтаже трубного пучка, что не позволяет гарантировать работоспособность уплотнения в процессе эксплуатации. Кроме того, использование в их составе эластичных материалов ограничивает или исключает вовсе применение перечисленных устройств для работы при высоких  
30 температурах вследствие утраты эластичными материалами своих упругих свойств под воздействием повышенных эксплуатационных температур.

Задачей, на решение которой направлена настоящая полезная модель, является интенсификация процесса теплообмена.

Техническим результатом, достигаемым при реализации данной полезной модели,  
35 является обеспечение надежной и долговечной герметизации зазоров между кожухом и поперечными перегородками кожухотрубчатого теплообменника, а также обеспечение технологичности и ремонтпригодности предлагаемой конструкции.

Указанный технический результат достигается тем, что обтюратор поперечной перегородки кожухотрубчатого теплообменника, содержащий гибкий уплотнительный  
40 элемент, установленный с плотным примыканием к внутренней поверхности кожуха теплообменника и к периферии боковой поверхности поперечной перегородки, согласно полезной модели гибкий уплотнительный элемент выполнен в виде винтовой спирали, имеющей форму незамкнутого кольца и сформированной посредством непрерывной навивки металлической проволоки. Винтовая спираль может иметь круглое или овальное  
45 поперечное сечение. Внутренняя полость винтовой спирали может быть заполнена эластичным материалом. Внутренняя полость винтовой спирали может быть заполнена эластичным материалом на основе терморасширенного графита или на основе фторопласта. Кроме того, наружная поверхность винтовой спирали покрыта эластичным

материалом. Наружная поверхность винтовой спирали может быть покрыта материалом на основе терморасширенного графита или на основе фторопласта. Внутренняя полость винтовой спирали может быть заполнена, а наружная поверхность покрыта эластичным материалом. Внутренняя полость винтовой спирали заполнена, а наружная покрыта эластичным материалом на основе терморасширенного графита или на основе фторопласта.

Полезная модель поясняется чертежами. На фиг.1 изображен кожухотрубчатый теплообменник с установленными обтюраторами поперечных перегородок. На фиг.2 представлено сечение А-А по фиг.1, а на фиг.3 - выносной элемент Б, показывающие расположение обтюратора относительно кожуха и поперечной перегородки. На фиг.4 представлен обтюратор круглого сечения, на фиг.5 - обтюратор овального сечения.

Кожухотрубчатый теплообменник включает в себя распределительную камеру 1, трубчатку 2 и крышку 3. Пучок теплообменных труб 4, сформированный за счет каркаса из продольных стяжек 5 и поперечных перегородок 6, располагается внутри кожуха 7. Диаметральные зазоры между кожухом и поперечными перегородками уплотняются обтюраторами 8.

Устройство работает следующим образом.

Обтюратор представляет собой гибкий элемент в виде винтовой плотно навитой металлической спирали. Спираль может быть выполнена из тонкой стальной проволоки, что обеспечивает требуемую гибкость обтюратора как в продольном, так и в поперечном сечении. В зависимости от коррозионной активности рабочей среды в кожухе винтовая спираль может быть выполнена как из углеродистой, так и из коррозионностойкой стали.

Для исключения смятия и разрушения при попадании в зазор между кожухом и поперечными перегородками, обтюратор выполняют с наружным диаметром спирали, вдвое превосходящим максимально возможный диаметральный зазор между кожухом и поперечными перегородками. Кроме того, круглая или овальная форма поперечного сечения обтюратора исключает возможность повреждения внутренней поверхности кожуха, как в процессе сборки, так и в процессе эксплуатации.

Для установки в кожух теплообменника обтюратор сгибается в дугу, диаметр которой меньше внутреннего диаметра кожуха, и свободно заводится в него. Под воздействием силы упругости, возникающей вследствие сгибания, обтюратор стремится к возвращению в начальное состояние и занимает необходимое для уплотнения зазоров положение, вплотную прилегая к внутренней поверхности кожуха. Плотное прилегание обтюратора к поверхности поперечной перегородки обеспечивается при сборке за счет перемещения каркаса трубного пучка вдоль кожуха.

Для усиления герметизирующих свойств обтюратора при определенных режимах эксплуатации могут быть использованы эластичные материалы в виде обмотки или оплетки наружной поверхности и/или наполнителя внутренней полости. Кроме того, покрытие наружной поверхности эластичным материалом, например, на основе терморасширенного графита или фторопласта, имеющего повышенные антифрикционные свойства, позволяет значительно уменьшить силы трения, возникающие при сборке теплообменника.

Собираемость поперечных перегородок с кожухом обеспечивается за счет соответствующих диаметральных зазоров между ними. При отсутствии обтюратора помимо основных потоков, омывающих поперечные перегородки с двух сторон, в аппарате создаются паразитические (байпасные) перетоки через указанные зазоры. Установка обтюратора исключает паразитические (байпасные) перетоки и направляет

их на омывание теплообменных труб. При этом весь поток вовлекается в процесс теплообмена, увеличивая его скорость и приводя к росту теплоотдачи со стороны межтрубного пространства. В отличие от известных уплотнительных устройств предлагаемый обтюратор, лишенный жестких связей с уплотняемой поперечной

5 перегородкой и наделенный необходимой гибкостью и упругостью, обладает способностью к самостоятельной деформации для плотного прилегания к кожуху и перегородке. Применение предлагаемого обтюлятора приводит к увеличению скорости потока рабочей среды через трубный пучок на 20-40% и соответствующему росту коэффициента теплоотдачи со стороны межтрубного пространства на 16-31%.

10 Таким образом, заявленная полезная модель обеспечивает существенную интенсификацию процесса теплообмена за счет герметизации зазоров между кожухом и поперечными перегородками кожухотрубчатого теплообменника.

Надежность, долговечность, технологичность и ремонтпригодность данного уплотнительного устройства обеспечивается:

15 исключением вероятности смятия и/или разрушения обтюлятора как при сборке трубного пучка с кожухом, так и в процессе эксплуатации аппарата в целом;  
исключением возможности повреждения внутренней поверхности кожуха, работающего под давлением;

применением для изготовления обтюлятора коррозионностойких и инертных

20 материалов;

использованием для изготовления обтюлятора общедоступных технологий навивки спиралей и нанесения покрытий;

сохранением без существенных изменений общепринятой технологии сборки трубного пучка с кожухом аппарата;

25 возможностью многократного использования обтюлятора в процессе эксплуатации.

#### (57) Формула полезной модели

1. Обтюратор поперечной перегородки кожухотрубчатого теплообменника, содержащий гибкий уплотнительный элемент, установленный с плотным примыканием

30 к внутренней поверхности кожуха теплообменника и к периферии боковой поверхности поперечной перегородки, отличающийся тем, что гибкий уплотнительный элемент выполнен в виде винтовой спирали, имеющей форму незамкнутого кольца и сформированной посредством непрерывной навивки металлической проволоки.

2. Обтюратор по п.1, отличающийся тем, что винтовая спираль имеет круглое

35 поперечное сечение.

3. Обтюратор по п.1, отличающийся тем, что винтовая спираль имеет овальное поперечное сечение.

4. Обтюратор по п.1, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена эластичным материалом.

40 5. Обтюратор по пп.1, 4, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена материалом на основе терморасширенного графита.

6. Обтюратор по пп.1, 4, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена материалом на основе фторопласта.

7. Обтюратор по п.1, отличающийся тем, что наружная поверхность винтовой спирали

45 покрыта эластичным материалом.

8. Обтюратор по пп.1, 7, отличающийся тем, что наружная поверхность винтовой спирали покрыта материалом на основе терморасширенного графита.

9. Обтюратор по пп.1, 7, отличающийся тем, что наружная поверхность винтовой

спирали покрыта материалом на основе фторопласта.

10. Обтюратор по пп.1, 4, 7, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена, а наружная поверхность покрыта эластичным материалом.

11. Обтюратор по пп.1, 4, 7, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена, а наружная покрыта эластичным материалом на основе терморасширенного графита.

12. Обтюратор по пп.1, 4, 7, отличающийся тем, что внутренняя полость винтовой спирали заполнена, а наружная покрыта эластичным материалом на основе фторопласта.

10

15

20

25

30

35

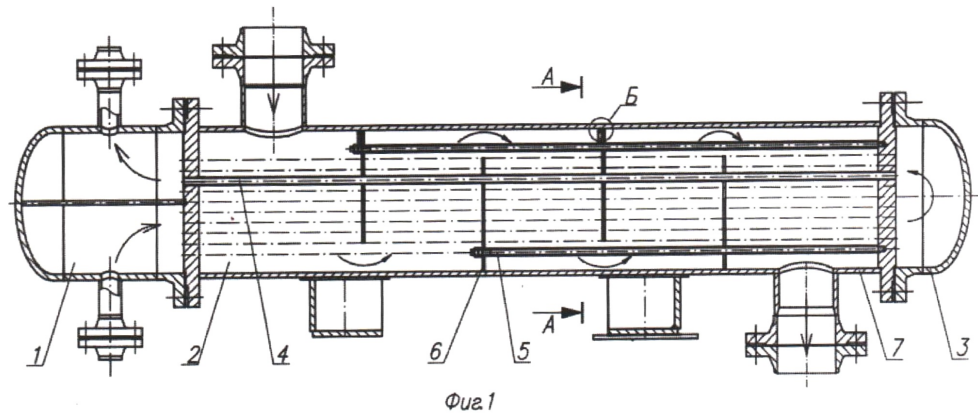
40

45

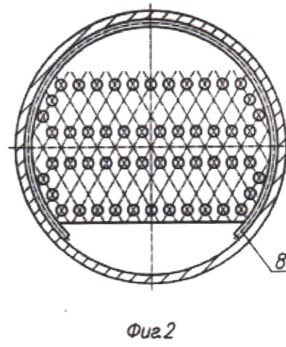


1

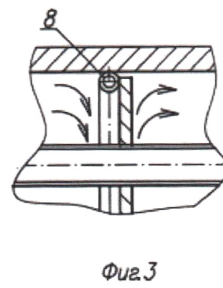
1.0



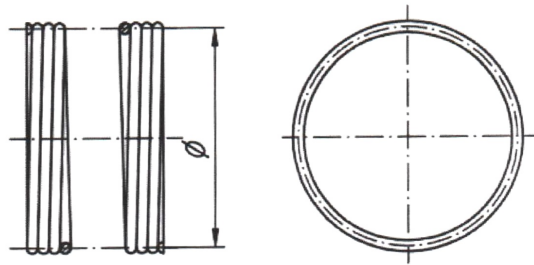
A - A



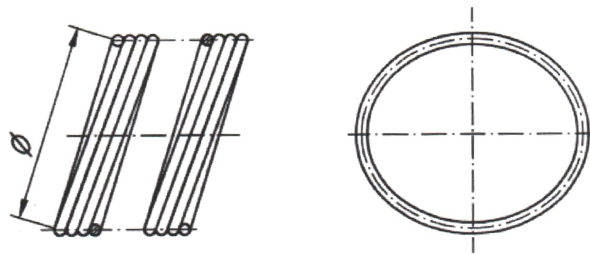
Б



2



$\Phi_{uz.4}$



$\Phi_{uz.5}$



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F28D 7/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018131803, 03.09.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.09.2018

Дата регистрации:  
22.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.09.2018

(45) Опубликовано: 22.01.2019 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, отдел  
интеллектуальной собственности ВолгГТУ

(72) Автор(ы):

Голованчиков Александр Борисович (RU),  
Прохоренко Наталья Андреевна (RU),  
Дулькин Борис Александрович (RU),  
Дулькин Тимофей Александрович (RU),  
Дулькина Наталия Александровна (RU),  
Климанова Виктория Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Волгоградский  
государственный технический университет"  
(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 48043 U1, 10.09.2005. SU  
1638519 A1, 30.03.1991. SU 1409837 A1,  
15.07.1988. SU 1064110 A1, 30.12.1983. US  
2243593 A, 27.05.1941.

(54) КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С МЯГКИМ КОЖУХОМ

(57) Реферат:

Предлагаемое техническое решение относится к теплообменным аппаратам, предназначенным для нагревания, охлаждения, конденсации кипения, выпаривания жидкостей, газов и паров и может найти применение в химической, нефтехимической, машиностроительной, судостроительной атомной, медицинской, пищевой, энергетической и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах утилизации тепловой энергии дымовых газов, промышленных и сточных вод.

Техническим результатом предлагаемой конструкции кожухотрубного теплообменника является увеличение производительности.

Поставленный технический результат достигается тем, что в кожухотрубном теплообменнике с мягким кожухом, содержащим несколько теплообменных трубок, снабженных на концах раздающим и собирающим коллекторами с подводящим и отводящим патрубками и помещенных в кожух, имеющий на концах радиально установленные подводящий и отводящий штуцера, а сам кожух выполнен из дюритового шланга, причем, что дюритовый шланг выполнен гофрированным, а теплообменные трубки выполнены из материала, обладающего эффектом памяти.

Предлагаемое техническое решение относится теплообменным аппаратам, предназначенным для нагревания, охлаждения, конденсации кипения, выпаривания жидкостей, газов и паров и может найти применение в химической, нефтехимической, машиностроительной, судостроительной атомной, медицинской, пищевой, энергетической и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах утилизации тепловой энергии дымовых газов, промышленных и сточных вод.

Известны кожухотрубные теплообменники в которых трубки выполнены из углеродистой стали Ст 10, 20, а кожух из стали ВМСт3, а также такие, в которых кожух и трубы выполнены из нержавеющей стали Х18Н10Т (Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под редакцией Ю.И. Дытнерского - М.: Химия, 1983, с. 39).

К причинам, препятствующим достижению заданного технического результата, относится необходимость периодической остановки работы теплообменника для очистки наружной и внутренней поверхности труб от загрязнений (коррозии, солевого камня термической деструкции и других отложений). Эти загрязнения, во-первых, снижают тепловую мощность во время эксплуатации, а во вторых, уменьшают время основной работы, что в целом снижает производительность.

Известны кожухотрубные теплообменники изготавливаемые за рубежом, в которых трубки выполнены из нержавеющей сталей АJSJ400, АJSJ300, алюминия, алюминиевой бронзы или латуни, меди и никеля или для защиты от коррозии из биметаллических труб (Дж. Перри Справочник инженера-химика. Том 1. - Л.: Химия, 1969, с. 262, 263).

К причинам, препятствующим достижению заданного технического результата, относится снижение тепловой мощности и как следствие производительности по нагреваемому или охлаждаемому теплоносителю из-за отложений солевого камня, термической деструкции и других загрязнений на внешней и внутренней поверхности трубок.

Известен кожухотрубный теплообменник содержащий корпус с патрубками и крышкой, трубную систему, трубные доски, причем одна из трубных досок расположена между крышкой и корпусом, при этом параллельно ей установлена мембрана с расположенным в ее центре пьезоэлементом, подсоединенным через преобразователь к источнику переменного тока (описание полезной модели к патенту РФ №734621 28G 13/00, 2008 г.).

К причинам, препятствующим достижению заданного технического результата, относится неравномерность пульсаций давления, передаваемого мембраной от пьезоэлемента к центральным и периферийным трубкам трубной системы, что снижает эффективность снижения отложений, а с ними уменьшает тепловую мощность, приводящую к снижению производительности. Кроме того, отложения удаляются на внутренней поверхности трубок, где возникают пульсации давления в теплоносителе, движущимся внутри трубок, а внешняя теплопередающая поверхность трубок не очищается. Это еще больше снижает в процессе эксплуатации тепловую мощность и производительность.

Известна теплообменная труба, выполненная с коррозионностойким и износостойким покрытием на ее наружной поверхности посредством напыления газотермическим, преимущественно высокоскоростным методом порошковой смеси, включающей металлокерамический порошок  $C_{r2}C_3$ , NiCr и порошок сплавов, выбранного из следующего числа: FeCrSi, FeCrBSi, NiFeCrSi, NiFeCrBSi, при этом массовое содержание порошка сплава в порошковой смеси составляет от 20% до 80% (описание полезной модели к патенту РФ №80937, F28F 1/00, F22G 3/00/00, 2009 г.).

К причинам, препятствующим достижению заданного технического результата, относится возможность образования отложения солей и продуктов деструкции теплоносителей, как на внешней, так и на внутренней (на защищенной от коррозии) теплопередающих поверхностях теплообменной трубки, что снижает тепловую  
5 мощность и производительность, а необходимость остановки работы на очистку этих теплопередающих поверхностей еще больше уменьшают производительность.

Наиболее близким техническим решением по совокупности признаков к заявленному объекту и принятому за прототип является кожухотрубный теплообменник с мягким кожухом, содержащий несколько теплообменных трубок снабженных на концах  
10 раздающим и собирающим коллекторами с подводящим и отводящим патрубками и помещенных в кожух, имеющий на концах радиально установленные подводящий и отводящий штуцера, при этом кожух выполнен из мягких материалов, например, из дюритовых шлангов, а теплообменные трубки свернуты в растянутую спираль (полезная модель к патенту №48043РФ, F28D 7/00, 2005 г.).

К причинам, препятствующим достижению заданного технического результата, относится постепенное в процессе эксплуатации снижения тепловой мощности, передаваемой через теплопередающие поверхности теплообменных трубок от горячего теплоносителя к холодному за счет образования загрязнений на внутренней и внешней  
15 поверхности трубок в виде отложения солей, накипи, продуктов термической деструкции, ржавчины и др., что приводит к снижению производительности.

Техническим результатом предлагаемой конструкции кожухотрубного теплообменника является увеличение производительности.

Поставленный технический результат достигается тем, что в кожухотрубном теплообменнике с мягким кожухом, содержащий несколько теплообменных трубок,  
25 снабженных на концах раздающим и собирающим коллекторами с подводящим и отводящим патрубками и помещенных в кожух, имеющий на концах радиально установленные подводящий и отводящий штуцера, а сам кожух выполнен из дюритового шланга, причем, что дюритовый шланг выполнен гофрированным, а теплообменные трубки выполнены из материала, обладающего эффектом памяти.

Выполнение теплообменных трубок из материала, обладающего эффектом памяти, позволяет им при нагревании удлиняться на 10% и более по сравнению с долями  
30 процентов при выполнении трубок из обычных материалов, не обладающих эффектом памяти. При длительной эксплуатации на внутренней и внешней теплопередающих поверхностях растянутых трубок образуются отложения (солевые камни, продукты термической деструкции, ржавчины и др.), приводящие к постепенному снижению  
35 тепловой мощности. При остановке работы и охлаждении длина трубок сокращается до первоначального размера, что приводит к растрескиванию, выкрашиванию, отслоению отложений от теплопередающих поверхностей трубок и уменьшает время очистки, продувки и промывки внутренней и внешней теплопередающих поверхностей  
40 трубок, увеличивает время основной работы теплообменника, а значит и производительность.

Выполнение дюритного шланга кожуха гофрированным позволяет за счет деформации гофр удлиняться дюритному шлангу вслед за трубками на 10% и более, что предупреждает разрыв шланга, потерю им герметичности и необходимости  
45 преждевременной остановки работы теплообменника. Это увеличивает время основной работы теплообменника, а значит способствует увеличению производительности.

На чертеже представлена схема кожухотрубного теплообменника с мягким кожухом. Он состоит из кожуха, выполненного из мягкого материала, например, дюритового

шланга 1 с гофрами 2. Внутри кожуха установлены теплообменные трубки 3, герметично закрепленные в подводящем 4 и отводящем 5 коллекторах с подводящим 6 и отводящим 7 патрубками для горячего теплоносителя. Дюритовый гофрированный шланг 1 кожуха имеет на концах радиально установленные подводящий 8 и отводящий 9 штуцера для

5 холодного теплоносителя.

Для установки теплообменника на фундамент корпус снабжен опорами 10. Отличительной особенностью кожухотрубного теплообменника с мягким кожухом, помимо гофр 2 на дюритовом шланге 1, является то, что теплообменные трубки 3 выполнены из материала, обладающего эффектом памяти.

10 Кожухотрубный теплообменник с мягким кожухом работает следующим образом.

По подводящему патрубку 6 в коллектор 4 подают горячий теплоноситель, который поступает в теплообменные трубки 3 и поднимаясь снизу вверх охлаждается, поступает в коллектор 5 и выводится наружу через отводящий патрубок 7. Холодный теплоноситель по радиальному подводящему штуцеру 8 поступает в межтрубное

15 пространство кожуха дюритового гофрированного шланга 1, омывает наружную теплопередающую поверхность теплообменных трубок 3 и опускаясь сверху вниз нагревается и выводится наружу по радиальному отводящему штуцеру 9.

При нагревании трубки 3, выполненные из материала, обладающего эффектом памяти удлиняются на 10 или более %, то есть трубки 3 имеющие длину 4÷6 м

20 удлиняются на 40-60 см. Так как дюритовый шланг 1 имеет на боковой поверхности гофры 2, то он также за счет деформации гофр 2 удлиняется на эту величину без разрывов и потери герметичности.

В процессе работы на наружной и внутренней поверхности теплообменных трубок 3 образуются отложения в виде солевого камня, продуктов термической деструкции

25 горячего и холодного теплоносителя, ржавчины и т.п..

При их накоплении работу теплообменника останавливают и охлаждают. Стенки теплообменных трубок 3 также охлаждаются, а так как они выполнены из материала, обладающего эффектом памяти, то их длина уменьшается на 40-60 см., возвращаясь к первоначальной длине в холодном состоянии. Отложения на внешней и внутренней

30 теплопередающих поверхностях трубок 3 деформируются, выкрашиваются, растрескиваются и отслаиваются от поверхности трубок 3, что облегчает их удаление при промывки и продувке, уменьшает время очистки теплопередающих поверхностей, а значит уменьшает время подготовительных к операций к новому циклу работы и приводит росту производительности.

35 Материалы, обладающие эффектом памяти известны. (Физические эффекты в машиностроении. Справочник:/Под редакцией В.А. Лукьянца - М.: Машиностроение, 1993, с. 150). Это может быть легированная сталь 12X18H10T; никель-алюминиевый сплав (36,8% AL); медно-алюминиевый - никелевый сплав; марганцово-медный сплав Mn-Cu (90% Mn); титан-никелевый сплав.

40 Таким образом, предлагаемая конструкция кожухотрубного теплообменника с мягким кожухом, выполненном в виде дюритового шланга 1 с гофрами 2, а теплообменные трубки 3 которого выполнены из материала, обладающего эффектом памяти, позволяет уменьшить время очистки теплопередающих поверхностей теплообменных трубок 3 от отложений, увеличить время основной работы, а тем самым

45 и производительность.

#### (57) Формула полезной модели

Кожухотрубный теплообменник с мягким кожухом, содержащий несколько

теплообменных трубок, снабженных на концах раздающим и собирающим коллекторами с подводящим и отводящим патрубками и помещенных в кожух, имеющий на концах радиально установленные подводящий и отводящий штуцера, а сам кожух выполнен из дюритового шланга, отличающийся тем, что дюритовый шланг выполнен гофрированным, а теплообменные трубки выполнены из материала, обладающего эффектом памяти.

10

15

20

25

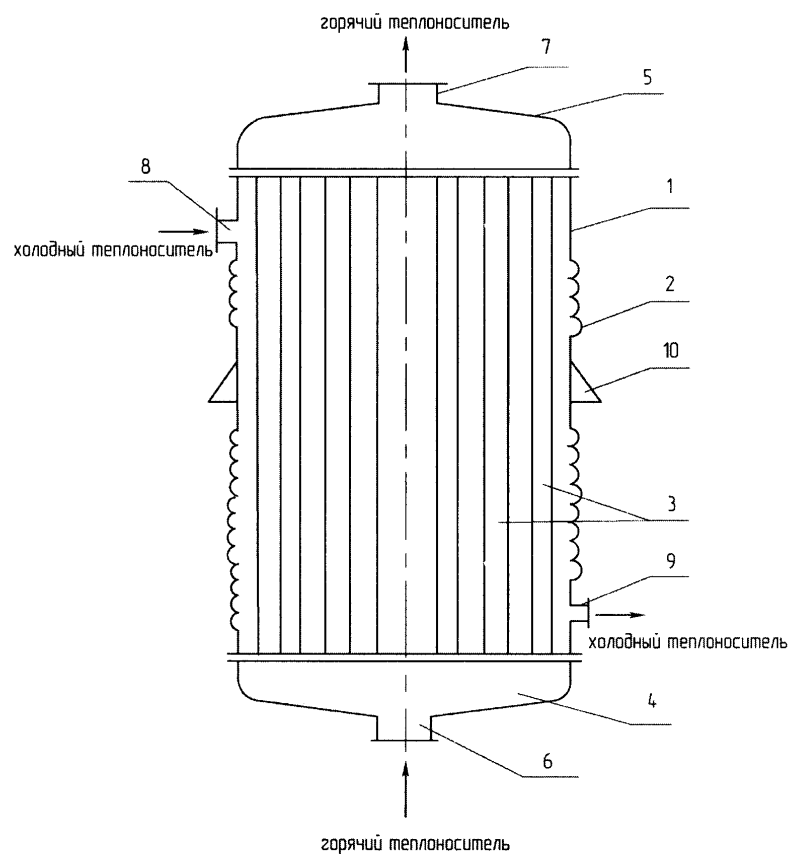
30

35

40

45

# КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С МЯГКИМ КОЖУХОМ



Авторы: А.Б. Голованчиков

Н.А. Прохоренко

Т.А. Дулькин

Б.А. Дулькин

Н.А. Дулькина

В.А. Климанова